

Universidad Carlos III de Madrid

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería Telemática



Proyecto Fin de Carrera

**Auditoría y Diseño de red en un
entorno universitario**

Autor: Alejandro Tanarro Gómez

**Tutores: Dra. María Calderón Pastor /
Dr. Ignacio Soto Campos**

Leganés, Octubre 2010

PROYECTO FIN DE CARRERA

Departamento de Ingeniería Telemática

Universidad Carlos III de Madrid

Título: Auditoría y Diseño de red en un entorno universitario

Autor: Alejandro Tanarro Gómez

Tutores: Dra. María Calderón Pastor / Dr. Ignacio Soto Campos

EL TRIBUNAL

Presidente: Dr. Iván Vidal Fernández

Secretario: Dr. Pablo Basanta Val

Vocal: Dña. María Soledad Escolar Díaz

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 29 de Octubre de 2010 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

Presidente

Secretario

Vocal

*A mi familia, en
especial a mi tío Jesús.*

*Aprender sin pensar es una labor perdida;
pensar sin aprender es un peligro.*
Confucio

Agradecimientos

Desde esta página quiero dar las gracias a todas aquellas personas que de uno u otro modo han puesto su granito de arena a lo largo de este camino.

En primer lugar quería dar las gracias a mi familia y en especial a mis padres, de los que he recibido la mejor educación que podía tener, y han luchado para que yo pudiera estar hoy aquí escribiendo estas líneas.

A mi hermana y a mi abuela, que aguantan mis muchos ratos de mal humor. A mi tío Jesús, que no dejó que su sobrino se quedara fuera de la carrera, y a mi tía Amor, siempre pendiente de nosotros. A Javi, que ya es de la familia, y también a mi prima Eva, mi tía Luci y mis abuelos José y Ana. Tampoco olvido a mi abuelo Jesús, al que seguro le hubiera gustado verme como ingeniero.

En segundo lugar, agradecer a Iván, y a Rafa, Natalia y su pequeño Adrián. Porque son muchos años, muchas historias, pero sobre todo porque los considero mi segunda familia.

Quería dar las gracias a todos aquellos amigos y amigas que han estado siempre ahí, regalándome grandes momentos. A mis niñas Bea, Virginia y Ana. A José, por ser un gran compañero toda la carrera, pero aún mejor amigo. A su hermano Miguel, su primo Bernardo, y a su familia en general, por acogerme siempre de la mejor de las maneras. A Jorge, por ser un “degollao” y descubrirme al Lichis. A María, quien me ayudó a decantarme por esta carrera y a su novio Will (¡nos quedan muchos años de Rock&Roll compadre!). A mis excompañeros de British Telecom Alberto, David e Isaac, por mostrar siempre interés por este proyecto, aunque estuvieran a miles de kilómetros de Madrid.

También quería dar las gracias a Fujitsu, por darme la oportunidad de realizar allí mi proyecto de fin de carrera. A mi compañero Rubén Rexa, que ha puesto muchos granitos de arena, y a mis compañeras Tati y Nuria, que han estado conmigo día a día compartiendo cafés, momentos de estrés y sobre todo de risas.

No podía dejar de incluir a mi tutor, Ignacio Soto, por ayudarme durante todo el proceso y responder siempre que le he necesitado.

Y por supuesto dar las gracias a Susana, por ser apoyo y fuente de inspiración, pero sobre todo, la mejor compañera de vida que jamás habría podido imaginar. Te quiero... ¿lo sabías?

Índice General

Agradecimientos	13
Índice General.....	15
Índice de Figuras.....	19
Índice de Tablas.....	23
Resumen	19
PARTE I	21
INTRODUCCIÓN.....	21
Capítulo 1	23
Introducción.....	23
1.1 Contexto.....	23
1.2 Motivación.....	24
<i>Caso de Estudio.....</i>	<i>25</i>
1.3 Objetivos	26
1.4 Estructura de la memoria.....	26
PARTE II	29
ESTADO DEL ARTE	29
Capítulo 2	31
Estado del arte.....	31
2.1 Introducción	31
2.2 Realización de una auditoría tecnológica	31
<i>Auditoría en Tecnologías de la Información</i>	<i>32</i>
<i>Tipos de Auditoría de Tecnologías de la Información</i>	<i>33</i>
2.3 Auditoría de Seguridad y Redes.....	33
<i>Auditoría de Seguridad</i>	<i>34</i>
<i>Auditoría de Redes Telemáticas.....</i>	<i>36</i>
<i>Diseño de una red tipo Campus: Diseño Jerárquico</i>	<i>39</i>
2.4 Conclusiones	42
PARTE III	45
PROCEDIMIENTOS DE AUDITORÍA Y DISEÑO DE RED	45
Capítulo 3	47
Auditoría en Redes Telemáticas	47
3.1 Introducción	47
3.2 Sistema de Cableado Estructurado	48
<i>Topología</i>	<i>49</i>
<i>Subsistemas Horizontal, Vertical y de Campus.....</i>	<i>50</i>
<i>Armarios (Racks) de comunicaciones</i>	<i>51</i>
<i>Tomas de usuario</i>	<i>52</i>
<i>Documentación y Etiquetado.....</i>	<i>53</i>
3.3 Electrónica de red.....	55
3.4 CPD (Centro de Procesamiento de Datos)	58

3.5	Conclusiones	59
Capítulo 4		61
Diseño e Implantación de redes tipo Campus en proyectos de telecomunicaciones		61
4.1	Introducción	61
4.2	Diseño de la solución de red	62
4.3	Instalación, Configuración y Puesta en servicio	66
4.4	Segmentación	69
4.5	Documentación y Formación	71
4.6	Conclusiones	71
PARTE IV		73
CASO DE ESTUDIO		73
Capítulo 5		75
Definición del proyecto I:		75
Pliego de Prescripciones Técnicas		75
5.1	Introducción	75
5.2	Consideraciones previas	75
5.3	Escenario del caso de estudio: Pliego de Prescripciones Técnicas	76
5.4	Conclusiones	79
Capítulo 6		81
Definición del proyecto II:		81
Oferta Técnica		81
6.1	Introducción	81
6.2	Consultoría de Comunicaciones	82
6.3	Diseño de la Red del Nuevo Edificio	83
	<i>Solución de Infraestructura de Cableado</i>	83
	<i>Solución de Electrónica de Red</i>	86
6.4	Otros aspectos de la Oferta Técnica	92
	<i>Garantía y Mantenimiento</i>	93
	<i>Planificación y Equipo de trabajo</i>	93
	<i>Equipo de Trabajo</i>	94
	<i>Estimación Económica</i>	95
6.5	Conclusiones	95
Capítulo 7		97
Auditoría de la red actual		97
7.1	Introducción	97
7.2	Sistema de cableado estructurado	98
	<i>Topología</i>	98
	<i>Descripción de los edificios</i>	99
	<i>Enlaces Campus, Verticales y cableado Horizontal</i>	104
7.3	Electrónica de Red	106
	<i>Core de comunicaciones y Salida al exterior</i>	106
	<i>Inventario de equipos de electrónica</i>	109
	<i>Resumen de características del equipamiento auditado</i>	114
	<i>Capa de Core</i>	114
	<i>Capa de Distribución</i>	119
	<i>Capa de Acceso</i>	120
	<i>Salida al exterior</i>	124
7.4	Análisis de la red	131
	<i>Informes de red</i>	132
	<i>Distribución del tráfico (OptiView Protocol Expert)</i>	133

7.5	Conclusiones	137
Capítulo 8		141
Propuesta de mejora de la red actual		141
8.1	Introducción	141
8.2	Arquitectura de la solución propuesta	142
	<i>Equipamiento de la solución</i>	143
	<i>Arquitectura Física y Lógica de la propuesta</i>	152
	<i>Salida al exterior</i>	154
8.3	Equipamiento a reemplazar frente a equipamiento ofertado.....	156
8.4	Otros aspectos de la propuesta de mejora.....	167
	<i>Garantía y Mantenimiento</i>	167
	<i>Planificación</i>	168
	<i>Equipo de Trabajo</i>	169
	<i>Estimación Económica</i>	169
8.5	Conclusiones	170
Capítulo 9		171
Implantación de la propuesta de mejora de la red actual		171
9.1	Introducción	171
9.2	Acciones a realizar en los armarios	172
9.3	Plan de direccionamiento de la red	192
9.4	Fases de la migración	195
	<i>Primera etapa</i>	195
	<i>Segunda Etapa</i>	196
	<i>Tercera Etapa</i>	196
	<i>Cuarta etapa</i>	197
	<i>Quinta etapa</i>	198
9.5	Guía de comandos útiles durante el proceso de migración	198
9.6	Conclusiones	200
PARTE V		201
CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS		201
Capítulo 10		203
Conclusiones y trabajos futuros		203
10.1	Conclusiones	203
10.2	Trabajos futuros	207
ANEXO I		209
PRESUPUESTO		209
Anexo I		211
Presupuesto		211
I.1	Introducción	211
I.2	Desglose de tareas	211
	<i>I.2.1 Bloque A: Documentación y análisis del estado del arte</i>	211
	<i>I.2.2 Bloque B: Diseño e instalación de la solución de red para el nuevo edificio</i>	212
	<i>I.2.3 Bloque C: Auditoría de la red existente</i>	215
	<i>I.2.4 Bloque D: Elaboración e instalación de la propuesta de mejora de la red</i> <i>existente</i>	216
	<i>I.2.5 Bloque E: Documentación y memoria del proyecto</i>	217
I.3	Resumen del proyecto	218
I.4	Diagrama de Gantt.....	221
I.5	Costes del proyecto	222

ANEXO II.....	223
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	223
Pliego de Prescripciones Técnicas de Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X	225
1. Objeto del contrato.....	225
2. Justificación y alcance del contrato.	225
3. Descripción Técnica.....	226
<i>Auditoría de la Red de Comunicaciones actual.....</i>	<i>226</i>
<i>Suministro e Instalación de la Electrónica de Red del Nuevo Edificio</i>	<i>226</i>
<i>Instalación de Infraestructura de Comunicaciones del Nuevo Edificio.....</i>	<i>228</i>
4. Plan de Implantación.....	234
5. Documentación de Fin de Proyecto	234
6. Garantía y Soporte Posterior.	234
7. Condiciones Generales.....	234
8. Resumen Económico.	235
ANEXO III.....	237
OFERTA TÉCNICA.....	237
INTRODUCCIÓN.....	241
ALCANCE DE LOS SERVICIOS.....	242
Fases de la Consultoría de Comunicaciones	243
Fases del Diseño de la Red del Nuevo Edificio	247
CONSULTORÍA DE COMUNICACIONES	251
Análisis de la Situación Actual	251
Estudio de Mejoras Tecnológicas y de Diseño	251
Definición de Políticas de Seguridad	251
Propuesta de Arquitectura Física y Lógica Final	252
Diseño de la red del nuevo edificio	254
Análisis de los Requerimientos.....	254
Diseño de Solución de Infraestructura de Cableado	254
Diseño de Solución de Electrónica de Red.....	258
Propuesta de Arquitectura Física y Lógica Final	268
GARANTÍA Y MANTENIMIENTO.....	272
PLAN DE PROYECTO	273
Planificación	273
Equipo de Trabajo.....	274
ESTIMACIÓN ECONÓMICA	275
ANEXO IV	277
OFERTA ECONÓMICA DE LA AUDITORÍA Y EL NUEVO EDIFICIO.....	277
ANEXO V	281
OFERTA ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA	281
Referencias	285

Índice de Figuras

Figura 2.1	Configuración para DMZ (zona desmilitarizada)	36
Figura 2.2	Diseño Jerárquico de Red de Campus	40
Figura 2.3	Capa de Core	41
Figura 2.4	Capa de Distribución	42
Figura 2.5	Capa de Acceso	42
Figura 3.1	Ejemplo de Sistema de Cableado Estructurado.....	48
Figura 3.2	Principales topologías en redes de telecomunicaciones	49
Figura 3.3	Ejemplos de Racks de comunicaciones	51
Figura 3.4	Ejemplo de desorden en un Rack de comunicaciones.....	52
Figura 3.5	Ejemplo de toma de usuario tipo CIMA.....	53
Figura 3.6	Ejemplo de etiquetado de cables	54
Figura 3.7	Ejemplo de red Campus jerarquizada.....	55
Figura 3.8	Ejemplos de informe de red obtenido con una herramienta del fabricante Fluke	56
Figura 3.9	Ejemplos de gráficas de análisis del tráfico	57
Figura 3.10	Centro de Procesamiento de Datos.....	58
Figura 4.1	Ejemplo de Red de Campus Jerarquizada.....	62
Figura 4.2	Topología recomendada, con un enlace entre los dos nodos de distribución.....	64
Figura 4.3	Ejemplo de topología con nivel 2 libre de bucles en capa de acceso .	65
Figura 4.4	Ejemplo de switches modulares y sus tarjetas	66
Figura 4.5	Ejemplo de hoja de asignación de puertos.....	67
Figura 4.6	Ejemplos de Racks una vez instalados y cableados	68
Figura 4.7	Ejemplo de red no segmentada.....	69
Figura 4.8	Ejemplo de red segmentada	70
Figura 6.1	Detalle de roseta tipo CIMA en puesto de trabajo	84
Figura 6.2	Ejemplo de panel de interconexión para telefonía	85
Figura 6.3	Ejemplo de armario de distribución de cableado	85
Figura 6.4	Diseño de red propuesto para el nuevo edificio	87
Figura 6.5	Ejemplo de agregación mediante EtherChannel	87
Figura 6.6	Cisco Catalyst 4507R	88
Figura 6.7	Módulos Cisco X2 (izquierda, tomada de [hoCb]) y módulos Cisco GBIC (derecha, tomada de [hoCh]).....	89
Figura 6.8	Cisco Catalyst 3750G-48PS.....	89
Figura 6.9	Módulos SFP modelo GLC-SX-MM (tomada de [hoCe])	90
Figura 6.10	Arquitectura Física de la solución	91
Figura 6.11	Arquitectura Lógica de la solución.....	92
Figura 6.12	Planificación del proyecto.....	93
Figura 7.1	Campus de la Universidad X.....	98
Figura 7.2	Topología en Estrella Distribuida con algunos de los equipos del Campus	99

Figura 7.3	Ejemplos de desorden y falta de identificación en los Racks del Campus	105
Figura 7.4	Enterasys N7	107
Figura 7.5	Diagrama de la salida al exterior de la red del Campus	108
Figura 7.6	Ejemplo de Enterasys N7.....	114
Figura 7.7	Conexiones del Backplane en la serie N de Enterasys (tomada de [hoCi]).....	114
Figura 7.8	Módulo DFE-7G4202-30 de Enterasys (tomada de [hoCj]).....	116
Figura 7.9	Módulo DFE-7G4270-12 de Enterasys (tomada de [hoCj]).....	117
Figura 7.10	Transceivers de Enterasys (tomada de [hoCk]).....	117
Figura 7.11	Módulo DFE-7K4290-02 de Enterasys (tomada de [hoCj]).....	118
Figura 7.12	Ejemplo de XENPAK de Enterasys (tomada de [hoCl]).....	118
Figura 7.13	Serie Alcatel OmniSwitch 6800 (tomada de [hoCm]).....	119
Figura 7.14	XFP 10 Gigabit Alcatel (tomada de [hoCn])	120
Figura 7.15	MiniGBIC SX Alcatel (tomada de [hoCo])	120
Figura 7.16	Serie Alcatel OmniSwitch 6850 (tomada de [hoCp]).....	120
Figura 7.17	SFP Alcatel (tomada [hoCq]).....	122
Figura 7.18	Serie C2 de Enterasys (tomada de [hoCr]).....	122
Figura 7.19	Serie HP ProCurve 2600 (tomada de [hoCs])	123
Figura 7.20	Mini-GBIC SX-LC HP (tomada de [hoCt]).....	123
Figura 7.21	Panda GateDefender Performa (tomada de [hoCu])	124
Figura 7.22	Ejemplo conexión Panda GateDefender (tomada de [hoCu]).....	124
Figura 7.23	Balanceador Cisco CSS 11503 (tomada de [hoCv])	125
Figura 7.24	Proxy BlueCoat SG150 Series (tomada de [hoCw])	126
Figura 7.25	Ejemplo conexión Proxy BlueCoat (tomada de [hoCw])	127
Figura 7.26	Firewall Juniper ISG 1000 (tomada de [hoCx]).....	128
Figura 7.27	Switch Intel Express ES510T (tomada de [hoCy])	129
Figura 7.28	Conexión en pila de dos Intel Express (tomada de [hoCy])	129
Figura 7.29	Router Cisco 3825 (tomada de [hoCz])	130
Figura 7.30	Ejemplo de inventario de red obtenido con OptiView®	132
Figura 7.31	Ejemplo de estadísticas de envío de Broadcast obtenido con OptiView®	133
Figura 7.32	Distribución del tamaño del tráfico en la red (bytes)	134
Figura 7.33	Nivel de utilización (capa 2)	134
Figura 7.34	Nivel de utilización (capa 3)	135
Figura 7.35	Nivel de utilización (capa 7)	135
Figura 7.36	Protocolos transmitidos (tramas, %).....	136
Figura 7.37	Conversaciones con más tráfico (capa 2)	136
Figura 7.38	Conversaciones con más tráfico (capa 3)	137
Figura 7.39	Conversaciones con más tráfico (capa 7)	137
Figura 7.40	Puntos de fallo detectados en la red.....	140
Figura 8.1	Diseño propuesto como mejora de la red actual del Campus	142
Figura 8.2	Cisco Catalyst 6506E.....	144
Figura 8.3	Supervisora Cisco Sup720 para Catalyst 6500 (tomada de [hoCa])	145
Figura 8.4	Configuración de switches con Virtual Switching (tomada de [hoCa])	146
Figura 8.5	Ejemplo de Virtual Switching.....	147
Figura 8.6	Módulos Cisco X2 (tomada de [hoCb]).....	147
Figura 8.7	Tarjeta Cisco WS-X6748-GE-TX (tomada de [hoCc])	148
Figura 8.8	Tarjeta Cisco WS-X6748-SFP (tomada de [hoCd])	148

Figura 8.9	Módulos SFP modelo GLC-SX-MM (tomada de [hoCe])	149
Figura 8.10	Tarjeta Cisco WS-X6704-10GE (tomada de [hoCf])	149
Figura 8.11	Módulos XENPAK (tomada de [hoCg])	149
Figura 8.12	Cisco Catalyst 4507R	150
Figura 8.13	Cisco Catalyst 3750G-48PS	150
Figura 8.14	Arquitectura Física de la propuesta de mejora	152
Figura 8.15	Arquitectura Física del edificio Aulas II tras la aplicación de la mejora	153
Figura 8.16	Arquitectura Lógica del edificio Aulas II tras la aplicación de la mejora	154
Figura 8.17	Nuevo diseño para la salida al exterior de la red del Campus	155
Figura 8.18	Planificación de la propuesta de mejora	168
Figura 9.1	Ejemplo de Rack mal distribuido (electrónica encima de los paneles de cableado horizontal) y con cableado desordenado.....	172
Figura 9.2	Ejemplo de armario (Rack) bien distribuido.....	173
Figura 9.3	Ejemplo de VLAN de gestión en la hoja de asignación para el armario A1_N-1_CORE1	193
Figura 9.4	Nuevas VLAN de los edificios del Campus	194
Figura 9.5	Ejemplo de hoja de asignación para el armario A1_N-1_CORE1 ..	195
Figura 9.6	Ejemplo de instalación en paralelo de los switches de distribución.	196
Figura 9.7	Ejemplo del Rack A1_N-1_D-LABS antes (izquierda) y después (derecha) de la instalación.....	197
Figura I.1	Diagrama de Gantt del proyecto.....	221

Índice de Tablas

Tabla 5.1	Resumen de suministros requeridos para el nuevo edificio.....	79
Tabla 6.1	Resumen de suministros ofertados para la infraestructura del nuevo edificio	86
Tabla 6.2	Resumen de equipamiento ofertado para la electrónica del nuevo edificio	92
Tabla 6.3	Resumen de económico de la oferta técnica	95
Tabla 7.1	Resumen de Racks y tomas de usuario de la red del Campus	104
Tabla 7.2	Conexiones de fibra del switch de Core contra los armarios de distribución.....	104
Tabla 7.3	Electrónica de red instalada en el edificio Aulas I	109
Tabla 7.4	Electrónica de red instalada en el edificio Aulas II.....	111
Tabla 7.5	Electrónica de red instalada en el edificio Aulas III.....	112
Tabla 7.6	Electrónica de red instalada en la Biblioteca	112
Tabla 7.7	Electrónica de red instalada en la Residencia	113
Tabla 7.8	Características de la serie N de Enterasys (tomada de [hoCi])	115
Tabla 7.9	Características de los modelos de 24 y 48 puertos de la serie Alcatel OmniSwitch 6850 (tomada de [hoCp]).....	121
Tabla 7.10	Densidad de puertos en la serie Intel Express (tomada de [hoCy])..	130
Tabla 7.11	Nivel de ocupación de los puertos de la electrónica de distribución y acceso	139
Tabla 8.1	Resumen de equipamiento ofertado para la renovación de la electrónica del Campus	151
Tabla 8.2	Electrónica edificio Aulas I antes y después de la renovación	156
Tabla 8.3	Electrónica edificio Aulas II antes y después de la renovación	159
Tabla 8.4	Electrónica edificio Aulas III antes y después de la renovación.....	161
Tabla 8.5	Electrónica edificio Aulas IV antes y después de la renovación.....	162
Tabla 8.6	Electrónica Biblioteca antes y después de la renovación	163
Tabla 8.7	Electrónica Residencia antes y después de la renovación	164
Tabla 8.8	Nivel de ocupación de los puertos de la electrónica de acceso y distribución del Campus antes y después de la renovación	166
Tabla 8.9	Resumen de económico de la oferta técnica	169
Tabla 9.1	Acciones realizadas en los armarios del edificio Aulas I	174
Tabla 9.2	Acciones realizadas en los armarios del edificio Aulas II.....	182
Tabla 9.3	Acciones realizadas en los armarios del edificio Aulas III.....	186
Tabla 9.4	Acciones realizadas en los armarios de la Biblioteca.....	188
Tabla 9.5	Acciones realizadas en los armarios de la Residencia.....	190
Tabla 9.6	VLANs creadas en la red del Campus tras la migración	194
Tabla I.1	Resumen de tareas del proyecto	218
Tabla I.2	Resumen de costes del proyecto.....	222

Resumen

Las Tecnologías de la Información y Comunicación están cada vez más presentes dentro de la sociedad, hasta el punto de poder afirmar que el mundo en el que vivimos no podría sobrevivir sin ellas. Todo está interconectado, y gracias a las redes de información, la comunicación entre las personas ha cambiado de manera notoria en los últimos años.

Este incremento de las comunicaciones ha traído consigo la proliferación de nuevos mercados relacionados con las tecnologías implicadas en su desarrollo, distribución e implementación. En este proyecto fin de carrera focalizaremos nuestra atención sobre uno de los ámbitos que más crecimiento han sufrido durante los últimos años: las *Redes de Comunicación* o *Redes Telemáticas*.

Dentro del mundo de las Redes Telemáticas, el presente proyecto se centra en dos de sus aspectos más importantes: la Auditoría de Redes Telemáticas, y el Diseño de Redes Tipo Campus. Describiremos sus bases teóricas con el fin de resaltar los aspectos más destacados de cada una de ellas. Con ello elaboraremos una pequeña guía que nos servirá de referencia a la hora de afrontar cualquier proyecto relacionado con alguna de ellas.

Con el objetivo de que esta memoria no suponga únicamente una sucesión de conceptos teóricos, recorreremos las distintas fases que abarcan un proyecto de esta índole a través de un caso de estudio diseñado especialmente para la presente memoria. Haciendo especial hincapié en los aspectos relevantes del proceso y extrayendo las conclusiones pertinentes, ofreceremos una amplia perspectiva de las tareas y procesos involucrados en el caso de una auditoría y diseño de red en un entorno universitario.

PARTE I

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1

Introducción

En los últimos años, el papel desarrollado por las *Tecnologías de la Información y Comunicación* (en adelante, *TIC*) se ha visto incrementado de manera notoria en nuestras vidas, llegando a estar presentes en un gran número de situaciones cotidianas: trabajo, investigación, ámbito sanitario, ocio y entretenimiento, etc. Han cambiado nuestra manera de relacionarnos, hasta el punto de que muchos de nosotros no podemos prescindir de algunas de ellas.

Todo aquello relacionado con la tecnología avanza de manera rápida e imparable. Lo que hoy es novedad, mañana se convierte en obsoleto, y así constantemente, obligándonos a un continuo proceso de aprendizaje y renovación o reciclaje continuo, tanto a nivel de conocimientos como de infraestructuras. Las cantidades de información a manejar, compartir y transmitir son cada vez mayores, y por si fuera poco, cada vez queremos que se nos presente con mayor calidad y rapidez.

Todo esto obliga a los fabricantes a buscar una mejora continua en sus componentes y dispositivos, renovando su oferta de equipos casi al mismo ritmo al que avanzan las tecnologías disponibles.

Encontramos un claro ejemplo de ello en las redes de comunicaciones, sector de alta competitividad, en el que continuamente se producen innovaciones tanto en las tecnologías físicas (equipos, cableado, capacidad de procesamiento, etc.) como en las lógicas (protocolos, algoritmos, etc.).

Este proyecto plantea un escenario ficticio basado en el trabajo real que realizo a diario en la empresa *Fujitsu Technologies*. Tomando como punto de partida la auditoria de red llevada a cabo para evaluar el estado (tanto físico como lógico) de la red de una universidad, así como la instalación de la infraestructura y electrónica de red en el nuevo edificio de la misma, comprobaremos como los avances y mejoras citados tienen un impacto directo en la calidad de la solución que podemos ofrecer al cliente.

1.1 Contexto

En un sector como es el de la enseñanza, en el que el intercambio de información es uno de sus principales pilares, con profesores y alumnado compartiendo documentos, las redes de comunicaciones juegan un papel crucial. Cada vez son más los centros educativos que cuentan con medios telemáticos como apoyo al estudio, e incluso como herramienta de aprendizaje; por ejemplo: centros de enseñanza primaria o secundaria, módulos de formación profesional, universidades... En todos ellos empieza a ser

habitual el uso de estas redes para realizar trabajos y prácticas, impartir asignaturas, consultar información, acceder a recursos colgados en la red (por ejemplo, Campus virtual) por el profesorado, etc.

En el presente proyecto, nos centraremos exclusivamente en el ámbito universitario. La gran mayoría de universidades cuentan con una intranet propia, la cual sirve de nexo de unión entre los distintos sectores de la universidad: administración, profesorado y alumnado. Como ya he mencionado anteriormente, cada vez son más las tareas posibles a realizar a través de este tipo de intranets, y el número de recursos docentes disponibles es mayor cada día.

El aumento del número de recursos digitales disponibles a través de estas intranets, unido al creciente número de equipos (principalmente ordenadores, en su mayoría con conexión a Internet) de que disponen los centros universitarios, incrementa los requisitos en cuanto a su disponibilidad, rendimiento y escalabilidad, obligando a los departamentos encargados de la gestión y mantenimiento de la infraestructura que da soporte a estos servicios a:

- Permitir a la red dar una respuesta adecuada a la calidad del servicio demandada.
- Refuerzo y actualización de la electrónica de red adaptándola a las nuevas tecnologías disponibles.

Como podemos observar, tan importante es mantener operativa la red y solucionar sus incidencias, como revisar cada cierto tiempo si la electrónica de red cumple con los requisitos que se le solicitan, o si es necesario algún tipo de ampliación o sustitución de los equipos por otros más actuales, que dispongan de nuevas mejoras (tanto a nivel hardware como software) y que cubran mejor las crecientes necesidades de los usuarios.

Todos estos aspectos quedan reflejados en el caso de estudio de este proyecto, que detallaremos en el siguiente punto.

1.2 Motivación

Desde el año 2009 me encuentro realizando el proyecto fin de carrera en el departamento de Redes e Infraestructuras de la empresa *Fujitsu Technology Solutions S.A.*, tercera empresa mundial del sector de las Tecnologías de la Información y el cuarto mayor proveedor global de servicios de tecnología y número uno en Japón¹.

A lo largo de este tiempo he podido colaborar de manera activa en diversos proyectos del ámbito de las redes de comunicaciones, dando soporte y colaborando con el personal técnico. Es mi intención reflejar en el presente documento una perspectiva de mi trabajo allí, a través de un caso de estudio en el que se resumen diferentes actuaciones y proyectos en los que he participado.

¹ Extraído de [Fuj09] a 28 de diciembre 2009.

Por motivos de confidencialidad con la empresa y sus clientes, el caso de estudio no será un caso real, sino un caso ficticio, que recoge y abarca, no obstante, las distintas situaciones que podrían darse. Al estar basado en las experiencias y proyectos en los que he participado, me permitirá exponer datos y conclusiones acerca del trabajo diario en el área de las redes de comunicaciones.

En un primera parte del proyecto expondré el procedimiento general a seguir para cada tipo de acción realizada (auditoría de red, diseño de una solución, configuración de equipos...), para detallar posteriormente su aplicación al caso de estudio, que presento a continuación.

Caso de Estudio

El caso de estudio plantea la siguiente situación: una universidad dispone de una red de comunicaciones. Esta red fue diseñada y configurada hace algunos años, cuando la demanda de recursos era mucho menor que en la actualidad. Con la construcción de un nuevo edificio en el campus, el departamento de gestión de comunicaciones se plantea una reestructuración de la red en base a dos puntos fundamentales:

- Unir el nuevo edificio a la red ya existente. Para ello se dotará al edificio de la infraestructura adecuada (cableado y puntos de red), y se adquirirá la electrónica de red necesaria.
- Auditar la red actual, para conocer si está ofreciendo o no un servicio adecuado, con el fin de adaptarla a las demandas de recursos actuales. Esta auditoría tendrá dos partes diferenciadas:
 - Consultoría de cableado.
 - Consultoría de electrónica de red.

Una vez auditada la red, surgen nuevos aspectos a tener en cuenta, que, aun no siendo críticos para la reestructuración de la red, si pueden llegar a tener bastante peso en la solución final adoptada (como se verá en el Capítulo 8 - Propuesta de mejora de la red actual):

- Para mejorar el rendimiento, puede no ser suficiente con realizar cambios en la configuración lógica de la red actual, sino que, además, sea necesaria una renovación o ampliación del equipamiento de red.
- De igual manera, puede ser necesaria la ampliación de los puntos de red del cableado ya existente en los edificios del campus.
- Con la intención de presentar la mejor de las soluciones posibles, además de cumplir rigurosamente los requisitos expuestos por el cliente en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*, se ofrecerán mejoras que aporten un valor añadido a la oferta.

1.3 Objetivos

Al hablar de los objetivos del presente proyecto, podemos diferenciar un objetivo de carácter general:

- Ofrecer una visión del trabajo desarrollado durante mi proyecto fin de carrera en la empresa citada.

Dentro de este objetivo general, se pueden incluir otra serie de objetivos, más específicos de la clase de proyecto que se va a exponer a lo largo de este documento:

- Ilustración de las partes de las que consta un proyecto de ingeniería, más concretamente, un proyecto del ámbito de las Redes de Comunicaciones.
- Presentación de los aspectos relevantes a la hora de realizar una auditoría de red.
- Análisis del diseño y configuración de una red de comunicaciones adecuados para satisfacer las demandas del cliente.
- Estudio de las tecnologías empleadas habitualmente en una red de comunicaciones (cableado, electrónica de red...).
- Aplicación de los anteriores puntos a un caso de estudio basado en casos reales.
- Estudio de los resultados y extracción de conclusiones.

1.4 Estructura de la memoria

Para finalizar este primer capítulo, introducimos a continuación los distintos bloques en los que se estructura la memoria, así como los capítulos que los componen:

- **Bloque II: *Estado del arte*.** En este bloque presentaremos las tecnologías y los conceptos teóricos propios del mundo de las auditorías en redes de comunicaciones, e introduciremos el diseño de redes tipo Campus. Este bloque está compuesto únicamente por:
 - Capítulo 2: Estado del Arte.
- **Bloque III: *Procedimientos de auditoría y diseño de red*.** El objetivo de esta parte es servir de referencia de las pautas y procedimientos que, bajo nuestro punto de vista, han de seguirse tanto para auditar una red, como para abordar su diseño e instalación. Los capítulos que componen este bloque son:
 - Capítulo 3: Auditoría en Redes Telemáticas.

- Capítulo 4: Diseño e Implantación de redes tipo Campus en proyectos de telecomunicaciones.
- **Bloque IV: *Caso de estudio*.** Este bloque ocupa la mayor parte de la memoria, y desarrolla dos temas bien diferenciados: una auditoría de red, y el diseño e implementación de una red de comunicaciones. Basándonos en casos y clientes reales, creamos un caso ficticio que nos permitirá recorrer las distintas fases que conforman un proyecto del ámbito de las redes telemáticas. Los capítulos que componen el caso de estudio son:
 - Capítulo 5: Definición del proyecto I: Pliego de Prescripciones Técnicas.
 - Capítulo 6: Definición del proyecto II: Oferta Técnica.
 - Capítulo 7: Auditoría de la red actual.
 - Capítulo 8: Propuesta de mejora de la red actual.
 - Capítulo 9: Implantación de la propuesta de mejora de la red actual.
- **Bloque V: *Conclusiones y trabajos futuros*.**

Al final de la memoria se incluyen los anexos y bibliografía correspondientes a este proyecto.

PARTE II

ESTADO DEL ARTE

Capítulo 2

Estado del arte

2.1 Introducción

Tal y como ha sido expuesto en el Capítulo 1 – Introducción -, uno de los objetivos del presente proyecto es *“ilustrar las partes de las que consta un proyecto de ingeniería, más concretamente, un proyecto del ámbito de las Redes de Comunicaciones”*.

En el caso de estudio planteado, se expone un proyecto en el que hay dos partes bien diferenciadas:

- Auditoría de red.
- Diseño e instalación de una red Tipo Campus.

Durante el desarrollo de este capítulo presentaremos una serie de tecnologías y conceptos teóricos propios del mundo de las auditorías en redes de comunicaciones, con el fin de proporcionar una visión general acerca de estos conceptos. Como último punto haremos una breve introducción al diseño de redes tipo Campus.

2.2 Realización de una auditoría tecnológica

A mediados del siglo XVIII y principios del XIX, tenía lugar la llamada Revolución Industrial, época de grandes cambios económicos, tecnológicos y sociales, en la que la incursión de nuevas tecnologías (por ejemplo, la máquina de vapor) cambió la manera de entender la industria, provocando con ello profundos cambios en el modo de vida de las personas.

Desde finales del siglo XX estamos siendo testigos de otra revolución, tecnológica también, y que nos ha hecho pasar de la denominada *Era Industrial* a la conocida por muchos como *Era de la Información*.

Las *TIC* están presentes en los diversos ámbitos de nuestras vidas, tanto cotidianos como laborales, y nuestra dependencia de ellas hoy en día es casi absoluta. Para las empresas es además un aspecto crítico a tener en cuenta, y deben adaptarse continuamente a los avances que en ellas se producen, pues no utilizar las últimas herramientas disponibles en el mercado marca a menudo la diferencia, y puede ser la causa del fracaso de un negocio o una empresa.

Por este motivo las empresas dedican cada vez más tiempo y recursos a la continua actualización de sus equipos y herramientas, convirtiéndose éstos en uno de sus valores más importantes.

Sin embargo, no siempre se obtiene un rendimiento adecuado de las tecnologías disponibles. En muchas ocasiones existe falta de formación en las herramientas de la empresa por parte del personal, lo que acaba derivando en un mal uso de las aplicaciones [Pi00]. También es frecuente encontrar un uso indebido de ellas, utilizándolas para tareas para las que no han sido diseñadas, así como el uso de herramientas obsoletas, que debieran de haber sido renovadas hace tiempo. Este es el motivo por el que surge la *Auditoría en Tecnologías de Información*.

Auditoría en Tecnologías de la Información

Durante algún tiempo, la auditoría tecnológica [Pi00] formaba parte de la auditoría financiera, complementándola, pues se entendía la tecnología como un instrumento de ayuda. Sin embargo, actualmente y tal y como ya hemos mencionado, las TIC se consideran un activo más de la empresa, habiendo ganado en importancia, y mereciendo una atención propia.

Además, la rapidez con la que evoluciona todo lo relacionado con ellas hace que se necesiten unos métodos propios de evaluación y control de calidad, llamados Auditoría Tecnológica o en Tecnologías de la Información, al margen de la auditoría financiera convencional.

Mientras que en una auditoría financiera el objetivo es verificar si la entidad auditada cumple con las normas establecidas y no realiza ningún tipo de fraude o práctica indebida, en la auditoría de tecnologías de la información el propósito será evaluar si las herramientas y sistemas de información de que dispone la empresa funcionan correctamente, se utilizan de un modo adecuado, y se encuentran actualizados.

Algunos de los aspectos que tendremos en cuenta para ello serán los siguientes:

- Definición del alcance y los objetivos de la auditoría.
- Análisis y aceptación de los procedimientos a utilizar.
- Evaluación de los sistemas implicados.
- Realización de mediciones y pruebas necesarias.
- Documentación de los procedimientos y resultados.
- Elaboración de las conclusiones.
- Presentación de recomendaciones.

Tipos de Auditoría de Tecnologías de la Información

De modo similar a otras áreas de estudio, existen multitud de maneras de clasificar las auditorías, en función de los aspectos a tener en cuenta.

Según Goodman y Lawless [RM94], podemos distinguir tres tipos de auditoría, atendiendo a aspectos más cercanos a la gestión:

- Auditoría de Innovación: se evalúan los riesgos de los proyectos de la empresa, tanto existentes, como futuros.
- Auditoría de comparación: se analizan los aspectos en los que una entidad es más fuerte en comparación con sus competidores.
- Auditoría de Posicionamiento Tecnológico: supone un estudio de las tecnologías con que cuenta la entidad auditada, para detectar posibles necesidades.

Sin embargo, si enfocamos la clasificación a aspectos más técnicos, podemos hablar de cinco tipos de auditoría:

- Sistemas y aplicaciones: el objetivo es evaluar si los sistemas y herramientas (aplicaciones) de que dispone la entidad tienen un funcionamiento correcto y cumplen los requisitos exigidos.
- Procesos e Instalaciones: busca asegurar el buen estado de las instalaciones, a fin de que las aplicaciones y procesos funcionen correctamente.
- Desarrollo de sistemas: se evalúan las aplicaciones en desarrollo para verificar que cumplen los objetivos marcados.
- Gestión y estructura de la empresa: persigue una buena estructuración de las funciones y procesos de la entidad auditada para un aprovechamiento eficiente de los recursos.
- Redes y Seguridad: analiza el estado de las redes de comunicaciones para prestar un buen servicio y conectividad, e intenta garantizar la seguridad en ellas.

De todos los tipos mencionados pasaremos a continuación a desarrollar de manera más amplia este último, debido a la relación directa que tiene con los objetivos y temática del presente proyecto.

2.3 Auditoría de Seguridad y Redes

Ha quedado ampliamente demostrada la importancia del papel que juegan actualmente las TIC en nuestra sociedad. Así mismo, también cabe resaltar la necesidad

de mantener unos controles de seguridad y calidad en ellas. Es en este punto donde surge la figura del auditor.

En los siguientes apartados presentaremos la auditoría en seguridad y redes, centrándonos en este segundo punto, pues será el que trataremos a lo largo del proyecto. Como último punto y atendiendo a su importancia también dentro del caso de estudio, repasaremos el diseño de redes.

Auditoría de Seguridad

Existen gran variedad de riesgos en cuanto a seguridad se refiere, pues no sólo la presencia de hackers y virus informáticos pueden suponer una seria amenaza para nuestros sistemas. El mal uso de algunas aplicaciones, o su manejo por personal inexperto, así como la posibilidad de sufrir espionaje industrial o ataques desde la misma compañía son aspectos que también deberemos vigilar.

Aún así, por mucho que nos esforcemos en controlar la seguridad de los sistemas telemáticos, siempre existirá un pequeño riesgo, llamado *riesgo residual*, que no podemos controlar y que debemos asumir. Es por tanto, tarea fundamental del auditor, detectar los riesgos de los sistemas, prestando especial atención a los riesgos residuales y analizar el diseño más adecuado para minimizarlos y contrarrestar las posibles amenazas derivadas de ellos.

En base a la seguridad, existen tres objetivos fundamentales a tener en cuenta:

- Confidencialidad: asegura que el acceso a la información está restringido solamente a determinados usuarios y bajo determinadas condiciones.
- Integridad: sólo el personal autorizado puede manipular la información contenida en los sistemas.
- Disponibilidad: la información estará disponible siempre que el usuario la solicite.

No existe una política estándar a la hora de identificar cuál de ellos tiene prioridad sobre el resto, pues varía en función de diversos aspectos como el tipo de información a salvaguardar, el tipo de entidad o la política de seguridad que ésta implemente.

Ya tenemos definidos los objetivos a cubrir mediante una auditoría de seguridad, pero ahora surge la siguiente pregunta: *¿qué elementos nos interesa realmente proteger?*

Principalmente, los elementos que nos interesa proteger son software, hardware y datos. Sin embargo, existen otros muchos que, sin ser tan importantes como los tres anteriores, repercuten en su correcto funcionamiento, por ejemplo: redes telemáticas, sistemas de climatización y electricidad de los CPDs², etc.

La ventaja es que a menudo, los mismos procedimientos que nos sirven para asegurar estos últimos elementos mencionados son los mismos que empleamos para la protección de los primeros.

² CPD: Centro de Procesamiento de Datos.

Controles de seguridad

Una vez descritos los posibles riesgos, así como los principales objetivos en cuanto a seguridad se refiere, debemos hablar de los métodos a seguir para conseguirlos. Estos métodos, implementados normalmente por sistemas o aplicaciones diseñadas para ello, nos ayudarán a reducir los riesgos y proteger nuestra información.

Podemos distinguir dos grandes grupos de controles de seguridad, según nos basemos en su *modo de operación* (controles preventivos, controles de detección, corrección y recuperación, etc.) o en su *naturaleza* (legales, administrativos, físicos, técnicos, etc.) [Pi00].

No debemos olvidar en todo momento que estamos hablando de redes, y tendremos que tener en cuenta la aparición, o mejor dicho, la desaparición, de la distancia física. Lo que diferencia a este tipo de auditoría de otras es el hecho de que una amenaza puede venirnos de un equipo que no está físicamente conectado a nosotros. Las distancias físicas desaparecen, pero no las medidas de seguridad, así como las conexiones y barreras, que existen, aunque de un modo virtual, no físico, por lo que tenemos que seguir comprobándolas y manteniéndolas [MEM08].

Existe por tanto una vulnerabilidad que afecta a las primeras capas del modelo de referencia OSI³, y pone en peligro la seguridad de la red. Esta vulnerabilidad atiende a dos tipos de causas: *físicas*, debidas a causas inherentes a la propia tecnología (alteración de bits, ausencia de paquetes y alteración de secuencia), y *dolosas* o derivadas de la facilidad de acceso físico a la información (suplantación, modificación e indagación).

Todos estos factores ponen de manifiesto la complejidad de la tarea del auditor de redes telemáticas, pues debe intentar minimizar lo máximo posible la vulnerabilidad de estas redes sin reducir en exceso su rendimiento. Además, transportan una elevada cantidad de información, la cual será confidencial en numerosas ocasiones, tanto para el individuo, como para la propia entidad. En redes MAN⁴ y WAN⁵ una opción bastante eficiente y muy utilizada es la criptografía, mientras que en el caso de redes LAN⁶ trataremos de controlar el acceso al cableado.

Lo primero que debemos de tener en cuenta a la hora de proteger nuestra red es si está o no bien delimitado el perímetro de seguridad, pues es de vital importancia que la red interna esté correctamente aislada del exterior. Podemos dividir la red en tres zonas:

- Intranet: comprende la red interna y privada de una entidad. Aquella que debe ser protegida.

³ Modelo recogido en la ISO 7498 que consta de siete capas (física, enlace, red, transporte, sesión, presentación y aplicación) y que ha sido comúnmente aceptado como modelo de referencia por los fabricantes de equipos de comunicaciones.

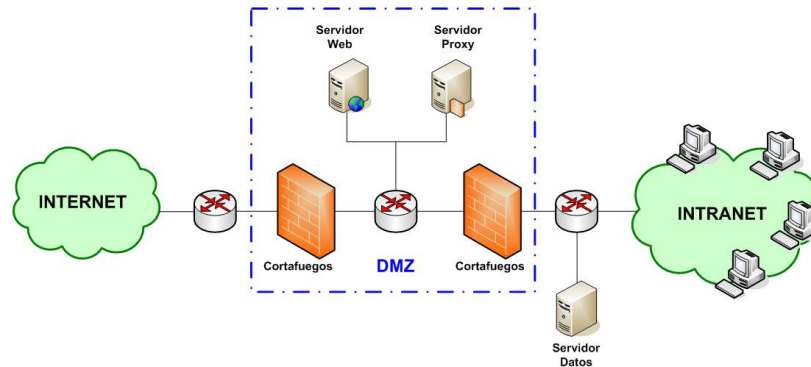
⁴ Metropolitan Area Network.

⁵ Wide Area Network.

⁶ Local Area Network.

- Zona Desmilitarizada (DMZ): se encarga de conectar la red interna con el exterior, actuando como perímetro de seguridad, para que solo el tráfico autorizado entre en la Intranet.

Figura 2.1 Configuración para DMZ (zona desmilitarizada)



- Internet: red global, pública, y por ello, insegura. De ella pueden provenir ataques a nuestra Intranet.

A la hora de decidirnos por la política de seguridad a aplicar en nuestra red, podemos elegir entre políticas que requieren de autorización para cada acceso y conexión (paranoicas), o bien el extremo contrario, en el que absolutamente todo está permitido (promiscuas). Ambos extremos presentan inconvenientes, por lo que se suele optar por utilizar una solución que se sitúe a medio camino de ambas, autorizando determinadas aplicaciones y accesos según el perfil del usuario y restringiendo el resto [MEM08].

Existe un tipo de equipo de red que nos ayuda a controlar y filtrar el tráfico que transcurre por nuestra red, así como a evitar el acceso de información no deseada. Hablamos del cortafuegos o firewall. Estos equipos, colocados en la DMZ nos ayudarán a aislar nuestra red del exterior para protegerla de ataques indeseados. Un diseño muy utilizado es el mostrado en la figura 2.1, donde tenemos dos cortafuegos aislando la Intranet del exterior. De esta manera, si el cortafuegos exterior es atacado y resulta comprometido, aún tenemos un cortafuegos entre la DMZ y la Intranet que nos protege. En la DMZ quedarán instalados aquellos servicios que si pueden ser accedidos tanto desde el exterior como desde el interior.

Auditoría de Redes Telemáticas

En la auditoria de una red de comunicaciones es importante, como hemos podido apreciar en el punto anterior, mantener unos mínimos en cuanto a seguridad se refiere, pues la información que manejan estas redes suele tener un valor importante.

Sin embargo, el usuario final de la red apenas va a percibir si su entorno es seguro o no. Su preocupación estará más enfocada a que su conexión tenga la calidad necesaria para poder desarrollar su trabajo sin problema. En un mundo como el de las telecomunicaciones, donde todo avanza a un ritmo frenético, es complicado estar

siempre actualizado, contar con los mejores equipos y los últimos modelos, ofrecer siempre el mejor servicio, etc.

En general, el diseño de una red telemática tiene lugar en su fase de despliegue, siendo común que con el paso del tiempo, se vayan añadiendo elementos a la solución y modificando los existentes. Estos cambios no siempre son llevados a cabo por el mismo equipo técnico, pues son fruto de distintos proyectos ejecutados en distintos momentos, lo que en muchos casos conlleva una falta de homogeneidad en el equipamiento de la red. Además, con el paso del tiempo, los servicios demandan cada vez más capacidad, el rendimiento de la red decrece, y se hace necesaria la renovación o actualización de la misma.

Al igual que en el apartado de seguridad, la función del auditor es totalmente necesaria en este punto. Suya será la tarea de estudiar a fondo todos los detalles acerca del diseño, configuración y comportamiento de la red actual. El análisis de la red mediante auditoría permite conocer todos los aspectos de la misma, encontrar sus virtudes, y sobre todo, detectar sus carencias o puntos débiles.

En la práctica, no existe una norma estandarizada que recoja los procedimientos a llevar a cabo en una auditoría de una red telemática. Sin embargo, lo que sí existe en cierto modo es unanimidad en cuanto a las funciones que deben de estar perfectamente definidas en toda red:

- Inventario del equipamiento, gestión de la red y normas de conectividad.
- Seguimiento de las comunicaciones para detectar y resolver posibles problemas.
- La documentación debe estar actualizada.
- La política de seguridad adoptada debe ponerse por escrito, asegurándonos de que todo el personal implicado en las tareas lo comprende.
- Todo cambio acometido en la red debe ser registrado.
- Definición de procedimientos que permitan mantener la seguridad de la red y eviten los accesos indeseados.

El análisis y cumplimiento de los aspectos anteriores es vital para conseguir un rendimiento óptimo en una red de comunicaciones. A la hora de llevar a cabo el citado análisis, podemos distinguir entre dos tipos de auditoría, en función de las partes implicadas: *física* (CPD e infraestructura de red) y *lógica* (electrónica de red).

Auditoría Física de la Red

En este punto debemos tener en cuenta los aspectos relacionados con la parte física de la red, representada por el estudio de su CPD y de su infraestructura de Cableado Estructurado.

Como veremos en el siguiente punto, una correcta configuración de los equipos es importante, e influye altamente en el rendimiento de la red. Sin embargo, si queremos obtener buenos resultados, es necesaria una buena infraestructura que de soporte a la electrónica.

Se debe cuidar el diseño del cableado que interconecta los distintos equipos que componen la red, tanto entre sí como con los usuarios. Podríamos decir que el cableado estructurado es el *esqueleto de la red*. Los sistemas más importantes a los que el auditor debe prestar atención en este punto son:

- Subsistema horizontal de cableado: aquel que interconecta las tomas de usuario con los armarios distribuidores de planta.
- Subsistema vertical de cableado o backbone: su función es conectar los distintos armarios de planta con el distribuidor de edificio.
- Subsistema de campus: recibe este nombre el cableado que va desde el CDP de la red hasta cada uno de los distintos edificios.
- Armarios de comunicaciones: albergan los equipos de electrónica de red.
- Tomas de usuario: son los puntos de entrada donde los usuarios conectan sus equipos a la red.

Por otro lado, cada vez son más las entidades que empiezan a tener en cuenta la necesidad de disponer de un centro de procesamiento de datos bien diseñado, y con capacidad para albergar todos sus equipos de red y servidores de datos. En un CDP se ven implicados una gran variedad de sistemas de distintos ámbitos:

- Infraestructura eléctrica.
- Sistemas de climatización.
- Sistemas de protección contra incendios.
- Infraestructura de seguridad.

Auditoría Lógica de la Red

El otro punto importante de cara a la auditoría de una red, es analizar su parte lógica: la electrónica que da soporte a esa red.

Las redes de comunicaciones están formadas por una amplia variedad de equipos: switches, routers, servidores, firewalls, proxies, etc. De todos ellos, el auditor debe centrarse en aquellos que podemos denominar *electrónica de red*: switches y routers.

Estos equipos son los que nos van a permitir formar nuestra red de comunicaciones, siendo fundamental su correcta configuración para el buen funcionamiento de la misma. Como pusimos de manifiesto al comienzo de este apartado, con el paso del tiempo se van añadiendo y modificando los equipos,

conduciendo esto en la mayoría de los casos a una pérdida de homogeneidad, con los correspondientes efectos que ello tiene sobre el rendimiento de la red.

Por otro lado, suele ser común que en un primer momento se anoten y documenten todos los cambios producidos en la configuración lógica de la red, disminuyendo este hábito progresivamente. Llega por tanto un momento en el que se desconocen aspectos importantes de la configuración de los equipos.

El auditor de una red telemática tiene como tarea incidir en el análisis del rendimiento actual de la red, estudiar los motivos por los que ese rendimiento no es óptimo, y proponer las medidas a adoptar necesarias para lograrlo. En ese análisis, el auditor debe focalizar su atención en los siguientes aspectos:

- Topología lógica de la red: identificar la manera lógica en la que están dispuestos los equipos de la red nos ayudará a entender su funcionamiento.
- Configuraciones de los equipos: este será un punto de vital importancia. Se deben extraer y revisar las configuraciones cargadas en los switches y routers, identificando comandos redundantes, aspectos a mejorar, carencias, etc.
- Segmentación y direccionamiento de la red: con la introducción desde hace unos años del concepto de VLAN, es importante prestar atención a la segmentación de la red. Comprobar que el direccionamiento de la red esté bien dimensionado, y que los equipos estén bien distribuidos dentro de sus VLANs correspondientes serán aspectos a tener en cuenta en este punto.
- Nivel de ocupación de los equipos: de cara a valorar la capacidad de la red para afrontar futuras ampliaciones en necesario observar el número de bocas libres disponibles en los equipos.
- Inventario de equipos de la red: nos será de gran ayuda a la hora de llevar un control de los equipos que conforman la red, y descubrir aspectos como su heterogeneidad u homogeneidad.
- Análisis del tráfico: mediante el empleo de herramientas de análisis y captura de tramas seremos capaces de detectar colisiones, errores, saturaciones y demás fenómenos que puedan estar interfiriendo en el correcto funcionamiento de la red.

Diseño de una red tipo Campus: Diseño Jerárquico

Como punto final a este repaso sobre la auditoría de seguridad y redes, repasaremos los conceptos básicos para un correcto diseño de una red de comunicaciones.

A la hora de diseñar una red de comunicaciones, solemos hablar siempre de los aspectos finales, pues al fin y al cabo, al cliente que nos encarga el diseño de su red, lo que le importa es si va a poder conectarse desde cualquier punto de su empresa a través de Wi-Fi, o si en cada puesto de trabajo va a contar con un teléfono IP.

Sin embargo, para poder dar servicio a todos estos requisitos, necesitamos primero diseñar una red que los sustente. De igual modo que en la construcción primero nos ocupamos de proporcionar unos buenos cimientos, bien diseñados, sobre los que se pueda asentar un edificio sin riesgo de que éste se caiga, cuando diseñamos una red lo primero que necesitamos es una estructura que sea capaz de dar soporte a todos los servicios y usuarios que vayamos a tener.

Cuando esta red a la hacemos referencia se extiende por diferentes edificios de un campus o un área industrial, hablaremos, en términos telemáticos, de una *Red Tipo Campus*.

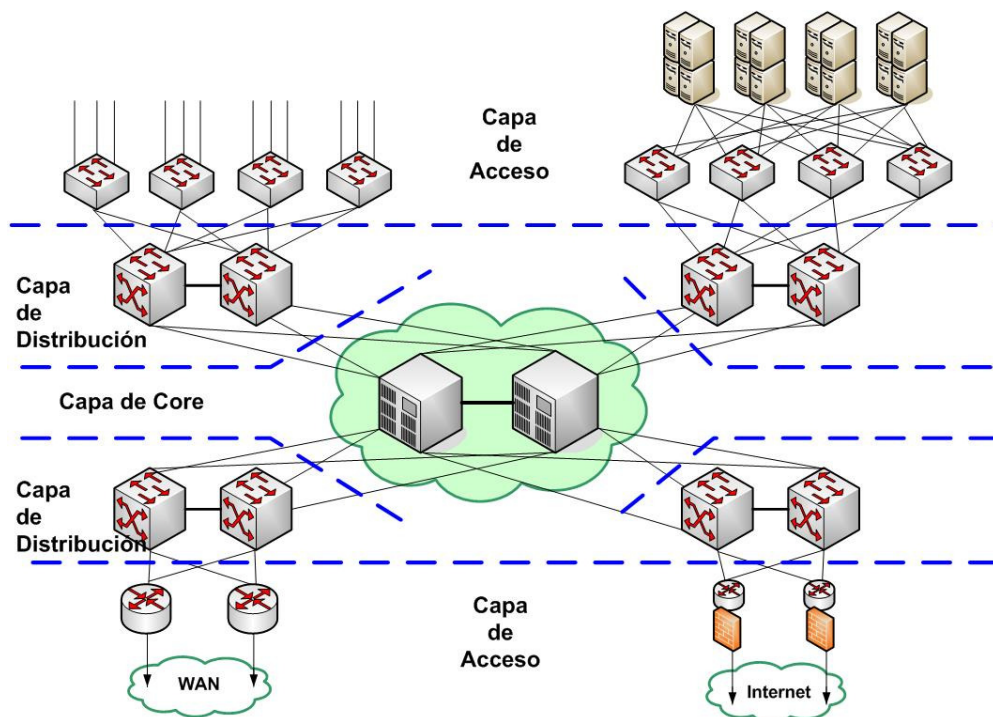
Diseño Jerárquico

De las distintas maneras que hay de afrontar la tarea de diseñar una red de Campus, nosotros vamos a emplear la aportada por Cisco, quien es hoy por hoy, el primer fabricante a nivel mundial de tecnologías de redes telemáticas.

Cisco introdujo en 1999 el *Diseño Jerárquico*, el cual utiliza un enfoque por capas en el diseño de la red [Cvda]. Los diferentes módulos (*building blocks*) de que se compone son:

- Capa de Acceso.
- Capa de Distribución.
- Capa de Core.

Figura 2.2 Diseño Jerárquico de Red de Campus



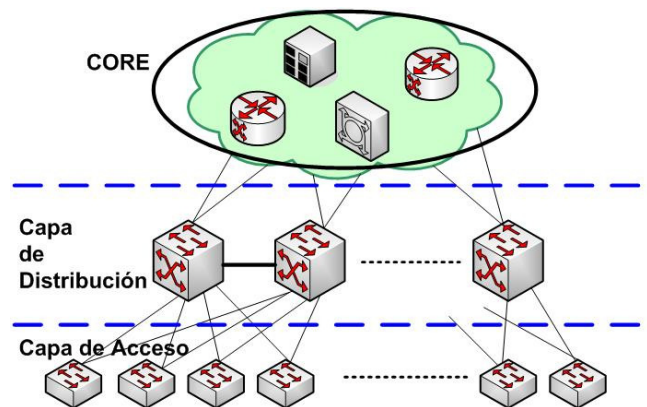
Este diseño cuenta con la modularidad como principal ventaja, pues gracias a su estructura jerarquizada, resulta sencillo de comprender. La escalabilidad que le proporcionan las distintas capas ayuda además a la detección y resolución de problemas.

Otra ventaja con la que cuenta este modelo es la separación de dominios de fallos: si ocurre un problema en un nodo de una capa, las consecuencias que esto tendrá en la red serán independientes de cómo estén diseñadas el resto de las capas [Cvdb].

Capa de Core

Como hemos podido comprobar en la Figura 1, el núcleo de la red lo forma la capa de Core. Esta capa será la encargada de interconectar todas las demás, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura 2.3 Capa de Core



Como encargada de soportar al resto de capas de la red, la capa de Core debe dar una respuesta fiable y rápida, características que consigue utilizando enlaces redundantes y altas velocidades.

En la mayoría de las ocasiones el Core se diseña utilizando dos nodos interconectados de manera redundante por enlaces punto a punto de alta velocidad de capa 3⁷ (como mínimo 1Gigabit, aunque en la actualidad se está extendiendo el uso de los 10Gigabit).

Capa de Distribución

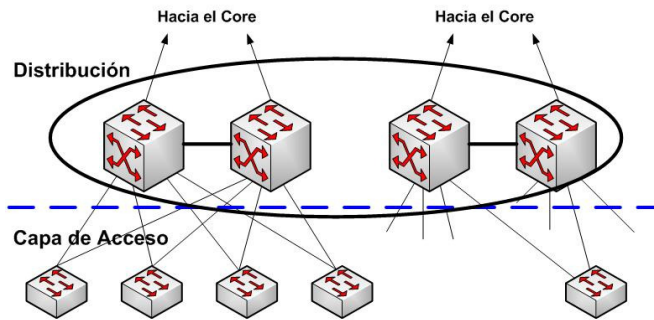
La capa de distribución se sitúa entre las capas de Core y acceso, presentando una separación lógica (y también física) entre ambas. Esto nos permite liberar al Core de la carga que supondría tener todos los nodos de acceso conectados a él (ver Figura 3). Además, la capa de distribución aísla al Core de los fallos que puedan producirse en la capa de Acceso.

Esto se consigue por norma general empleando dos switches de capa 3, que se conectan, por un lado al Core mediante enlaces punto a punto de capa 3, y por otro lado con enlaces de capa 2⁸ a los nodos de distribución.

⁷ Capa de Red del *Modelo de Referencia OSI (ISO 7498)*.

⁸ Capa de Enlace del *Modelo de Referencia OSI (ISO 7498)*.

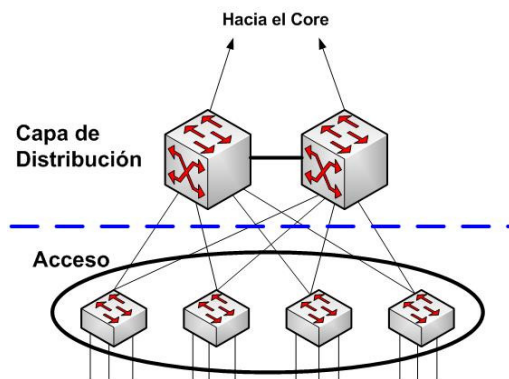
Figura 2.4 Capa de Distribución



Capa de Acceso

Los switches de capa de Acceso son los encargados de interconectar los equipos de usuario (por ejemplo, servidores, teléfonos IP, etc.) a la red. Cada switch de acceso se conecta mediante enlaces de capa 2 a cada uno de los nodos de distribución, obteniendo así redundancia frente a errores de conexión o posible fallo de alguno de los nodos o enlaces de la capa de distribución.

Figura 2.5 Capa de Acceso



Si vemos la figura 4, cada switch de la capa de Acceso se conecta mediante un único enlace a los equipos de usuario (no existe redundancia). Esto es lo que se conoce como *punto simple de fallo*, y es el motivo por el que se incluye una capa intermedia entre la de Acceso y la de Core, para así poder aislar a éste último de los posibles fallos ocasionados por el primero.

Por norma general sólo hay un caso en el que se utilizan enlaces redundantes entre los switches de Acceso y los equipos de usuario, y es el caso de un data center, donde se suelen conectar de modo redundante los servidores a los switches de acceso.

2.4 Conclusiones

Las redes de comunicaciones forman parte ya de nuestras vidas, jugando un papel crucial en algunos aspectos, tanto a nivel profesional, como particular, influyendo en la manera que tenemos de relacionarnos y afrontar nuestras tareas más cotidianas.

Como contrapartida, al mismo tiempo que se incrementa la capacidad de estas redes para ayudarnos en nuestras tareas, aumenta el número de riesgos de fallos y ataques, que pueden causar grandes pérdidas, económicas o no.

Es necesario por tanto la existencia de asociaciones que velen por la calidad y seguridad en estos medios, desarrollando y publicando estudios, normas y estándares que faciliten la revisión y mantenimiento de su eficiencia y seguridad. Así mismo, es necesaria la presencia de profesionales que apliquen estos términos: los *auditores* de telecomunicaciones.

En el caso concreto que recoge el presente proyecto (la auditoría de una red telemática en un entorno universitario), se ha de buscar el cumplimiento de tres objetivos fundamentales que nos permitirán tener una red de buena calidad: *confidencialidad*, para que solamente accedan a la información aquellos usuarios autorizados; *integridad*, pues sólo los administradores o personal capacitado para ello deben ser capaces de realizar modificaciones en la red; y *disponibilidad*, porque hoy en día, el usuario reclama poder acceder a los recursos siempre que lo necesite.

La tarea del auditor consistirá en evaluar el rendimiento ofrecido por la red, a través del análisis de una serie de aspectos que nos darán información acerca del comportamiento del sistema auditado. La configuración de los equipos, su disposición física y lógica, el cableado que los interconecta, el estado del CPD de la red y sus sistemas de protección (climatización, prevención de incendios, etc.), serán algunos de los puntos en los que deberá hacer hincapié el auditor.

Por otro lado el título de este proyecto es: *Auditoría y Diseño de Red en un Entorno Universitario*, y por lo tanto no podíamos desatender la parte de diseño. La metodología descrita es la propuesta por el fabricante Cisco (líder a nivel mundial de tecnologías de redes telemáticas), y llamada *Diseño Jerárquico*.

El Diseño Jerárquico propone un diseño de redes de gran tamaño (llamadas Redes de Tipo Campus, como la que vamos a implementar a lo largo de este proyecto) de forma modular, en la que encontraremos tres capas, *Core*, *Distribución* y *Acceso*.

Cada una de ellas cumplirá una función determinada, dotando a la red de redundancia, escalabilidad, y sencillez en cuanto al aislamiento de fallos y resolución de problemas, características todas ellas esenciales en un diseño de red de este tipo.

Una vez introducidos los conceptos principales relacionados con el proyecto, podemos pasar a describir en profundidad el caso de estudio y su metodología. De ello versará el siguiente capítulo.

PARTE III

**PROCEDIMIENTOS DE AUDITORÍA Y DISEÑO DE
RED**

Capítulo 3

Auditoría en Redes Telemáticas

3.1 Introducción

En los últimos años, el incremento en el uso de las Tecnologías de la Información ha transformado nuestra manera de actuar en el trabajo, y por extensión, nuestra forma de vida. En el mundo desarrollado, se podrían contar por decenas, centenas a lo sumo, los casos en los que no necesitamos de la ayuda de herramientas tales como el teléfono (tanto analógico como móvil), ordenadores, Internet, etc.

Se ha creado una dependencia de todo aquello relacionado con lo digital, y en muchos casos podríamos afirmar que la calidad y cantidad de recursos digitales con los que cuente una entidad juegan un papel fundamental en su posicionamiento y en el éxito que ésta pueda tener.

Surge por tanto la necesidad de mantenerse siempre actualizado, siempre al día con las últimas herramientas y equipos, para adaptarse al rápido crecimiento de la tecnología. Es aquí donde entra el concepto de auditoría.

Como ya hemos mencionado en el Capítulo 1 – Introducción -, el presente proyecto pretende mostrar a través de un caso de estudio práctico, el proceso llevado a cabo durante el desarrollo de un proyecto de auditoría de una red telemática.

Este tercer capítulo tiene por objetivo servir como referencia a la hora de realizar una consultoría en el entorno de una red de comunicaciones de tipo Campus (*Campus LAN*). Cabe decir, que la auditoría no es un proceso cerrado, sino más bien podemos hablar de un conocimiento empírico, adquirido con la experiencia.

Por ello las pautas y procedimientos mencionados a lo largo de este capítulo no han de entenderse como reglas únicas y cerradas, sino como las más plausibles bajo nuestro punto de vista para abordar un caso práctico como el que desarrollaremos posteriormente.

Bajo nuestro criterio, una consultoría de una Campus LAN debe centrarse en estudiar el estado y el rendimiento de la red existente, centrándose en los siguientes tres aspectos fundamentales:

- Sistema de cableado estructurado o Infraestructura de red.
- Electrónica de red.

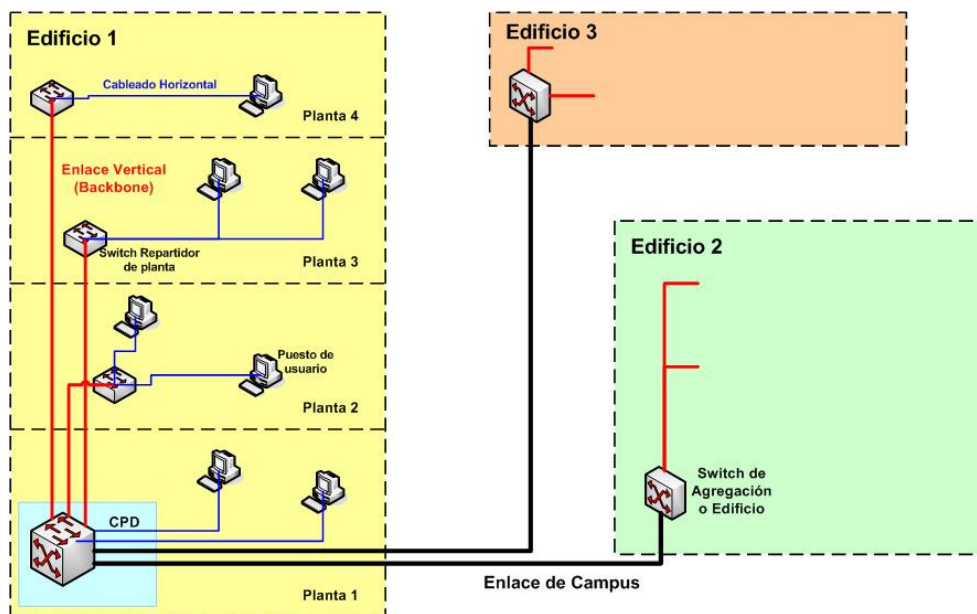
- CPD (Centro de Procesamiento de Datos).

Tras el análisis de cada uno de estos puntos, se debe incluir un último apartado con las conclusiones que se extraen de la auditoría, así como las recomendaciones que se estiman necesarias para solventar las carencias detectadas.

3.2 Sistema de Cableado Estructurado

Un sistema de cableado estructurado es el conjunto de elementos que dotan a la red telemática de un edificio o campus de la infraestructura necesaria para soportar los servicios que se pretenden ofrecer a través de ella. Estos elementos deben cumplir con toda una serie de estándares internacionales para asegurar unos mínimos en cuanto a seguridad, calidad y compatibilidad. En concreto para el caso del presente proyecto, el cableado estructurado debe ser capaz de soportar una red de tipo Campus LAN (Ethernet, IEEE 802.3).

Figura 3.1 Ejemplo de Sistema de Cableado Estructurado



Armarios de comunicaciones, conectores, cableado, canalizaciones... todos ellos forman parte de los elementos que componen un sistema de cableado estructurado, pudiéndolos agrupar en diversos subsistemas: puesto de trabajo, cableado horizontal, cableado vertical o de Backbone, cableado de campus, etc.

A lo largo de este apartado recorreremos los distintos aspectos referentes al cableado sobre los que entendemos se debe incidir a la hora de realizar una consultoría de comunicaciones:

- Topología.
- Subsistemas Horizontal, Vertical y de Campus.

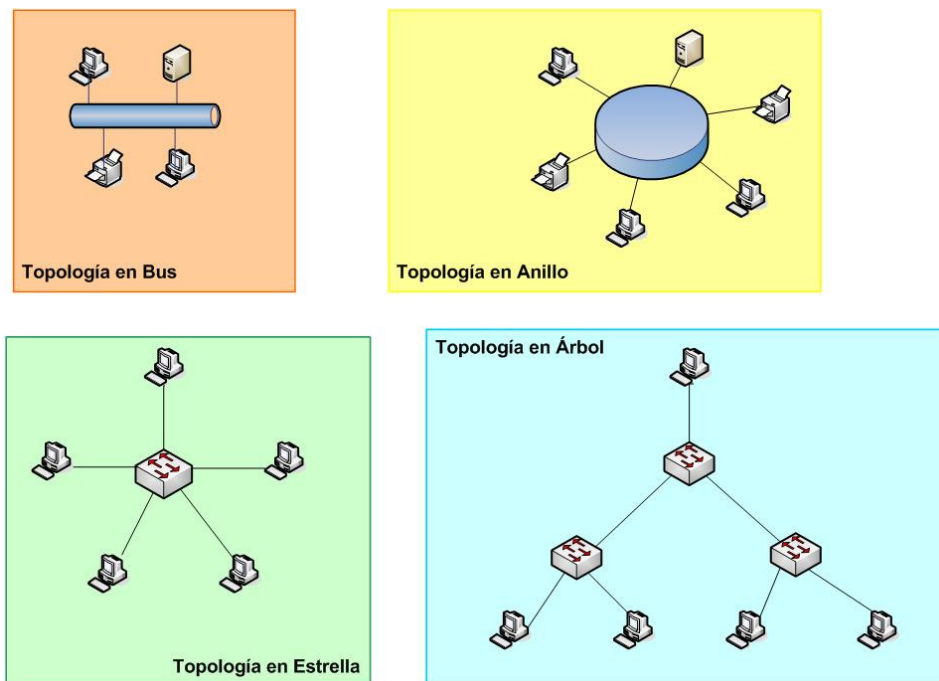
- Armarios de comunicaciones.
- Tomas de usuario.
- Documentación del cableado.

Topología

La topología de una red de telecomunicaciones hace referencia a la manera de disponer e interconectar los distintos nodos que la forman. Es importante saber identificar la topología que tiene la red que estamos auditando, pues esta información nos ayudará a comprender como funciona, y sobre todo cuáles son los elementos principales que la componen.

Existe una amplia variedad de distribuciones o topologías aplicables al mundo de las redes telemáticas. Sin embargo, no es objeto de este proyecto realizar una amplia descripción de todas ellas, y por ello haremos hincapié únicamente en las más importantes y utilizadas:

Figura 3.2 Principales topologías en redes de telecomunicaciones



- Topología en Bus: se caracteriza por tener un único medio de transmisión (bus) al cual se conectan los distintos dispositivos de la red. Por lo tanto, todos los dispositivos comparten el mismo medio.

- Topología en Anillo: cada equipo se conecta al siguiente, estando la última conectada con la primera, cerrando el anillo. Cada estación actúa como emisor/receptor, pasando un *token* o testigo. Está en desuso.
- Topología en Estrella: todos los dispositivos están conectados a un nodo central, a través del cual se realizan todas las comunicaciones. Es una topología bastante extendida, pues es la más empleada en redes de área local (LAN).
- Topología en Árbol (Estrella Distribuida): similar a la topología en estrella, en el que existe un nodo troncal, del que se desprenden los demás nodos. Al no estar centralizada toda la comunicación en un único nodo, el fallo de uno de ellos no implica la caída de toda la red. Al igual que la topología en estrella, su uso en redes LAN está bastante extendido.

Subsistemas Horizontal, Vertical y de Campus

Como podemos apreciar en la figura 3.1, un sistema de cableado estructurado está compuesto por diferentes subsistemas. Aunque puede hacerse una mayor división de subsistemas, en este punto nos centraremos únicamente en tres de ellos: Horizontal, Vertical y Campus.

El **Subsistema o Cableado Horizontal** es aquel que interconecta a los distintos usuarios con los switches y equipos de distribución de cada planta. Más concretamente, hace referencia al cableado entre la toma de usuario y el switch encargado de concentrar el tráfico de la planta. Es el subsistema que mejor podremos analizar, y por tanto es el que concentra la mayor parte de las mediciones y comprobaciones en cuanto al cableado. En este punto debemos centrar nuestra atención en comprobar los siguientes aspectos:

- Tipo y categoría del cableado: cobre (UTP o STP) o fibra, Categoría 5, 5e o 6, etc.
- Certificación del cableado: se debe comprobar mediante el empleo de equipamiento calibrado de medida que el cable está ofreciendo un enlace de calidad extremo a extremo.
- Estado del cableado: es importante que el cableado se encuentre bien instalado dentro de sus canalizaciones, falsos suelos o techos, etc., así como la capacidad de estas estructuras para albergar crecimiento de la instalación.
- Cumplimiento de las normativas: debemos asegurarnos que las longitudes de los cables no superan las distancias máximas definidas en las distintas normas y estándares para cada aplicación.

El siguiente punto a tener en cuenta es el **Subsistema Vertical o de Backbone**. Su función es interconectar los distintos equipos de distribución de cada planta con el equipamiento de distribución del edificio. Normalmente esta conexión se realiza siguiendo una topología en estrella, mediante enlaces *uplink* de fibra óptica, en la que

cada distribuidor de planta está conectado con el distribuidor de edificio, concentrando este último todo el tráfico del mismo. La comprobación física de estos enlaces se hace más complicada puesto que suele aprovecharse la estructura de canalización del edificio para su cableado. Sin embargo sí que podremos igualmente certificar mediante herramientas de medición la calidad de la señal entre extremos.

El tercero y último de los subsistemas de cableado que trataremos es el **Subsistema de Campus**. Es aquel que se encarga de conectar el cableado estructurado de dos o más edificios, y comprende dispositivos tales como cable, protecciones, interfaces, adaptadores, etc. Aunque se pueda utilizar cableado de tipo UTP, en la mayoría de los casos se emplea, al igual que en el Subsistema Vertical, enlaces de fibra óptica, que permiten mayores velocidades y suministran mayor ancho de banda.

Armarios (Racks) de comunicaciones

Los *Racks* o *Armarios* de comunicaciones son bastidores cuya función es albergar equipamiento. En redes telemáticas este equipamiento suele corresponderse con electrónica de red (switches, routers, servidores, firewalls, etc.), así como su infraestructura correspondiente (fuentes de alimentación, elementos de ventilación, paneles de interconexión de cableado, etc.). Son de gran utilidad en CPDs, donde el espacio suele ser escaso, y es necesario agrupar bien el equipamiento instalado.

Figura 3.3 Ejemplos de Racks de comunicaciones

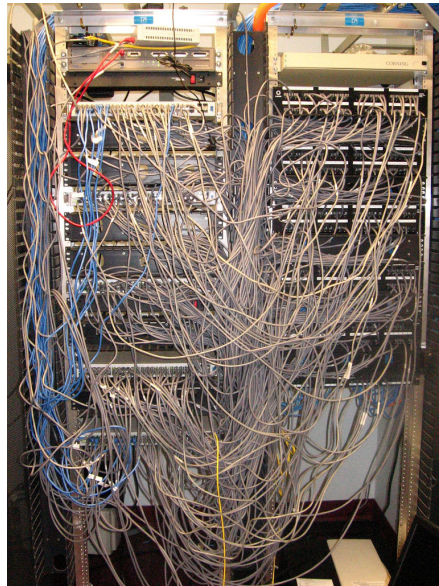


Sus medidas están estandarizadas para poder alojar equipos de cualquier fabricante, teniendo su ancho la medida fija de 19 pulgadas (48,26 cm), y pudiendo ser su altura y fondo de longitudes variables, en función de las necesidades que tengamos.

Como cualquier elemento de la red, los armarios de comunicaciones han de ser revisados durante una auditoría, pues de su correcta configuración y estado dependen aspectos como la posibilidad de crecimiento de la red, posibles pérdidas de calidad en los enlaces, facilidad de los técnicos para resolver incidencias, etc. Por lo tanto será importante examinar:

- Identificación de los enlaces: en muchas ocasiones los cables de cobre o las fibras aparecen sin identificación. Es importante, sobre todo de cara a la resolución de problemas, tener identificados cada uno de los cables del armario.
- Utilización de guías y pasahilos: estos elementos son indispensables para mantener el orden en un Rack. Se debe revisar que los cables estén bien llevados a través de los pasahilos para evitar que queden sueltos.

Figura 3.4 Ejemplo de desorden en un Rack de comunicaciones



- Limpieza y ventilación: los equipos electrónicos presentes en los armarios de comunicaciones suelen funcionar de forma ininterrumpida, desprendiendo mucho calor. Es por ello fundamental revisar que existan mecanismos de ventilación que ayuden a su refrigeración, así como que haya un mínimo de limpieza, pues la suciedad afecta negativamente al rendimiento de los equipos.
- Seguridad: debemos comprobar también que el acceso a los equipos de comunicaciones esté restringido únicamente al personal autorizado. Disponer de puertas con llave en los armarios, y dedicar habitaciones acondicionadas para albergar estos equipos son algunas de las prácticas que se deben llevar a cabo para asegurar que personas ajenas a la organización manipulen los equipos de la red.

Tomas de usuario

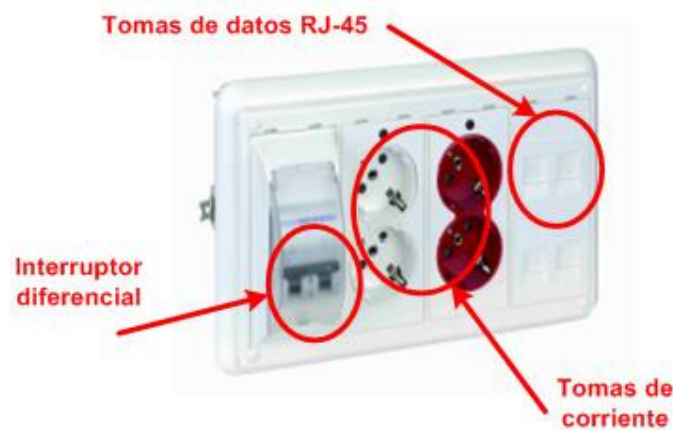
Las tomas de usuario forman parte de lo que podríamos denominar *Subsistema Puesto de Trabajo*, y son el punto donde el usuario se conecta a la red. Suelen estar ubicadas en la pared o el suelo, cercanas al puesto de trabajo al que suministran

conexión, y a ellas llega el cableado procedente de los switches de acceso instalados en el Rack distribuidor de planta.

Su configuración no es estándar, pues incorpora elementos en función de las necesidades de cada caso. Sin embargo, cuando hablamos de redes telemáticas, las tomas de usuario (también conocidas como *rosetas*) suelen en su mayoría incorporar los siguientes elementos:

- Toma de datos RJ-45.
- Toma de teléfono RJ-11.
- Toma de corriente.

Figura 3.5 Ejemplo de toma de usuario tipo CIMA



Cuando revisamos una instalación de cableado, debemos anotar sobre un plano de planta la ubicación de todas las tomas de usuario con las que cuenta el edificio. Además, debemos certificar el punto de acceso de datos, utilizando las herramientas de certificación adecuadas. Otro aspecto importante a tener en cuenta es comprobar que el cable (normalmente un cable de pares de cobre UTP cuando hablamos de redes telemáticas) que conecta la roseta con el equipo de usuario no supere la longitud estipulada por los estándares internacionales de calidad.

Documentación y Etiquetado

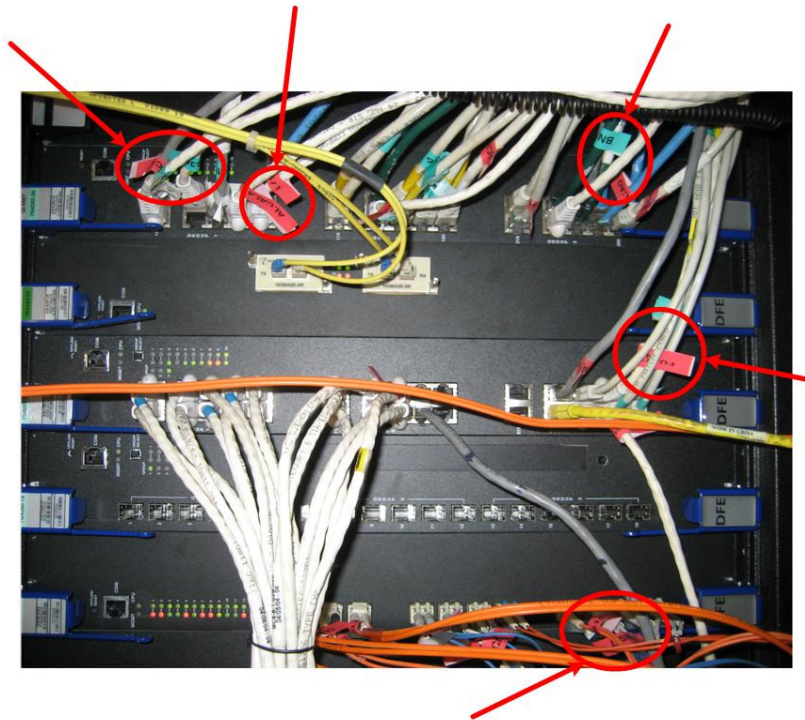
Aunque este apartado podría haber formado parte del anterior, o incluso del dedicado a los Racks de comunicaciones, debido a su importancia hemos decidido tratarlo aparte.

Un gran problema que surge en multitud de redes de comunicaciones, es la falta de información relativa a los componentes de la red. ¿Qué hay instalado? ¿Dónde está instalado? ¿Esta toma de usuario desde qué Rack viene? ¿Qué equipos está conectando este latiguillo? Estas y muchas son preguntas muy comunes a la hora de auditar una red, o simplemente, resolver una incidencia.

Es de vital importancia mantener una serie de rutinas básicas que nos permitan tener en todo momento conocimiento del estado y conexión de los elementos de nuestra red:

- Etiquetado de todos los cables (ya sean fibras, coaxiales, cobre, etc.), tanto los de los armarios de comunicaciones, como los que conectan los equipos a las tomas de usuario.

Figura 3.6 Ejemplo de etiquetado de cables



- Etiquetado de las tomas de usuario. Cada toma RJ-45 o RJ-11 de cada roseta (puede haber varias tomas en una misma roseta) debe de estar identificada. Esto nos permite tener una relación entre los extremos del enlace, tanto el ubicado en la roseta, como el conectado a un equipo del Rack.
- Etiquetado de los equipos instalados en los Racks.
- Documentación de los Racks. Se debe mantener un inventario de los equipos montados en un armario de comunicaciones, su configuración, conexionado.

Mantener esta información al día ahorra mucho tiempo y esfuerzo sobre todo en labores de resolución de incidencias. Al auditar la red debemos pedir esta información al personal encargado del mantenimiento y gestión de la red de la entidad, y comprobar que se encuentre actualizada. En caso de no estarlo, se procederá a su puesta al día y posterior documentación.

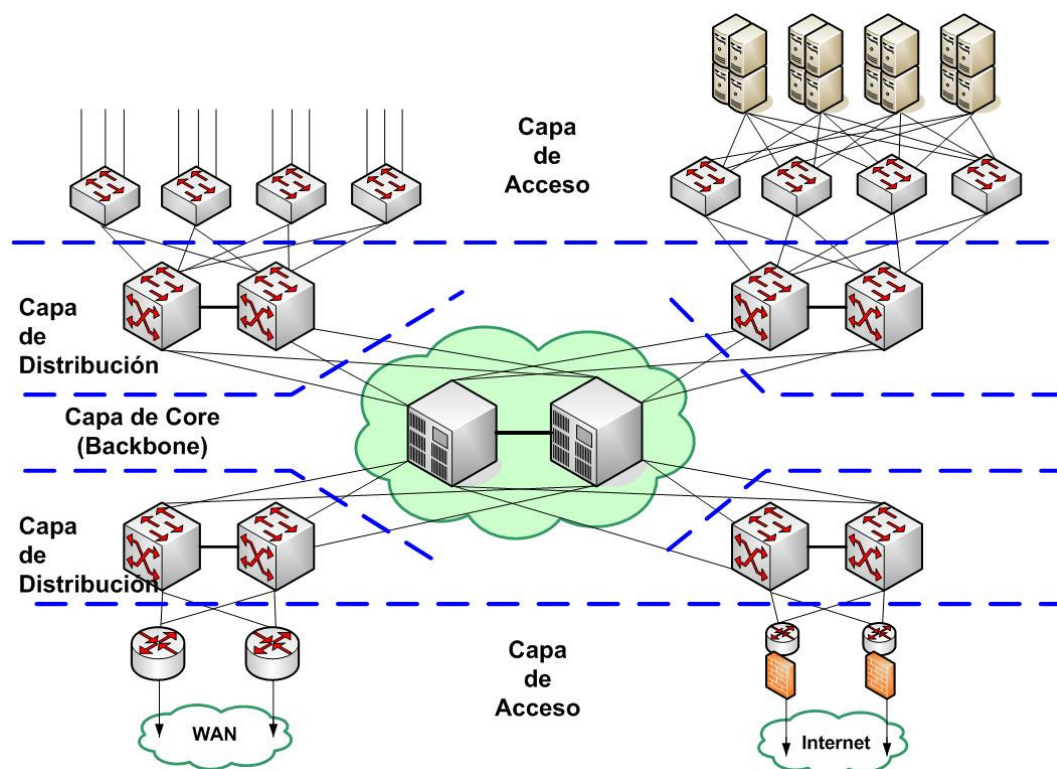
3.3 Electrónica de red

Ahora que conocemos los pasos para auditar un sistema de cableado estructurado, debemos analizar los equipos de electrónica que componen la red, pues la calidad del servicio que ofrece una red telemática depende de ambos factores: tan importante es que el medio físico a través del cual se transmite sea adecuado a las prestaciones demandadas, como que los equipos instalados estén correctamente configurados y dimensionados para dar un servicio de calidad a todos los equipos conectados a la red.

Cuando realizamos una auditoría de electrónica, el objetivo principal es optimizar el rendimiento de la red. Para ello debemos prestar atención a una serie de aspectos que detallaremos en este apartado, realizando visitas a la instalación y recabando los datos necesarios.

Cuando auditamos redes de tipo Campus LAN, como la que es objeto de estudio en este proyecto, lo más común es encontrarnos con redes que siguen un esquema jerarquizado. Este modelo está muy extendido en la actualidad, y en él nos encontramos, tal y como mencionábamos en el Capítulo 2 – Estado del arte –, con tres niveles de organización: Core, Distribución y Acceso.

Figura 3.7 Ejemplo de red Campus jerarquizada



La primera tarea del auditor por tanto, debe ser realizar un **inventario** de todo el equipamiento instalado en la red, e identificar los equipos asociados a cada una de estas capas. En este punto resulta de gran utilidad representar los datos obtenidos en dos esquemas:

- **Topología Física:** en él representamos la manera en que están conectados los equipos que componen la red, prestando atención a sus enlaces físicos.
- **Topología Lógica:** en este esquema nos centraremos en la disposición de los equipos desde el punto de vista de su funcionamiento a nivel lógico, el cual vendrá marcado por la configuración de los equipos, no por las conexiones físicas que los unan.

Se documentará mediante fotografías la relación de equipos encontrados. De cara a un posterior análisis, es recomendable analizar de manera simultánea el grado de utilización del equipamiento. El auditor debe encargarse además de averiguar el estado de servicio que poseen los equipos en cuanto a Garantía y Mantenimiento.

Una vez tengamos conocimiento de todos los equipos que conforman la red, el siguiente paso es averiguar cómo están funcionando y qué rendimiento están ofreciendo. En muchas ocasiones el cliente cuenta con un software de gestión de red (por ejemplo CiscoWorks, SolarWinds, etc.) que nos facilita esta tarea. Sin embargo, si no cuenta con ello, existen en el mercado múltiples herramientas de análisis de redes, tanto hardware como software, que nos permiten obtener, entre otras cosas:

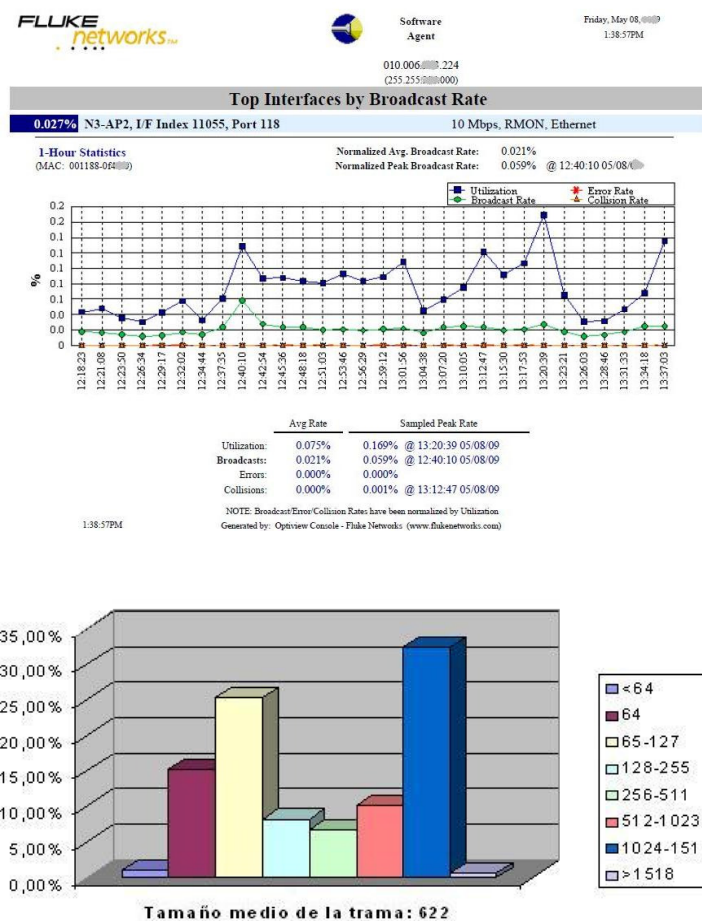
Figura 3.8 Ejemplos de informe de red obtenido con una herramienta del fabricante Fluke

Name	IPX Name	NetBIOS Name	IP Address	MAC Address
00982.local		00982	010.006.223.000	INTEL-CF2D00
00985.local		00985	010.006.223.001	INTEL-DAEC00
00994.local		00994	010.006.223.002	INTEL-CF2E00
1005.local		1005	010.006.223.003	INTEL-F02800
1019.local		1019	010.006.223.004	INTEL-28EA00
1107.local		1107	010.006.223.005	INTEL-28EC00
1150.local		1150	010.006.223.006	0007e9-C95000
1193.local		1193	010.006.223.007	0007e9-C95000
1197.local		1197	010.006.223.008	0007e9-C95000
1201.local		1201	010.006.223.009	0007e9-CA1000
1214.local		1214	010.006.223.010	0007e9-C95000
1254.local		1254	010.006.223.011	0007e9-F2E000
1255.local		1255	010.006.223.012	0007e9-F0E000
1322.local		1322	010.006.223.013	0007e9-3D7000
1356.local		1356	010.006.223.014	0007e9-3D3000
1377.local		1377	010.006.223.015	0007e9-3D6000
1463.local		1463	010.006.223.016	0007e9-49E000
1464.local		1464	010.006.223.017	0007e9-583000
1485.local		1485	010.006.223.018	0007e9-3D4000
1487.local		1487	010.006.223.019	0007e9-3D5000
1490.local		1490	010.006.223.020	0007e9-3D4000
1541.local		1541	010.006.223.021	000cf1-F4E000
1544.local		1544	010.006.223.022	000cf1-F4D000
1559.local		1559	010.006.223.023	000cf1-F4E000

- Funcionalidades configuradas en los equipos (protocolos utilizados, VLANs creadas, configuración de los interfaces, etc.).
- Realización de un análisis que permita descubrir equipos y usuarios en la red.

- Obtención de las direcciones, tanto MAC como IP de los equipos encontrados.
- Enlaces con errores y colisiones.
- Gráficas de análisis del tráfico (ver figura 3.9), distinguiendo enlaces saturados, nivel de broadcasts, protocolos más utilizados, etc.

Figura 3.9 Ejemplos de gráficas de análisis del tráfico



El trabajo del auditor en este punto es fundamental, pues interpretar correctamente todos los datos obtenidos debe llevarnos a extraer conclusiones que realmente ayuden a mejorar el rendimiento de la red. Con todo ello se generará un informe de deficiencias o carencias que nos encontremos en la actual instalación.

En la actualidad tenemos que tener en cuenta además la posible existencia de elementos Wi-Fi en la red auditada, pues cada vez son más las entidades que utilizan este medio para interconectar a sus usuarios, o para ofrecer pequeños entornos libres de cables dentro de su edificio. El análisis en este caso debe centrarse en comprobar, por un lado, que el nivel de cobertura es el idóneo en todo el área que se quiere cubrir, y por otro, que los dispositivos Wi-Fi instalados (principalmente, Puntos de Acceso, y Controladores WLAN), están correctamente dimensionados para soportar a todos los

posibles usuarios. Como en el caso de las redes físicas, podemos encontrar en el mercado herramientas que nos ayudan a extraer estos y otros muchos parámetros relacionados con el servicio inalámbrico.

3.4 CPD (Centro de Procesamiento de Datos)

El último de los tres aspectos fundamentales en los que debe centrarse una auditoría de redes es el Centro de Procesamiento de Datos (CPD). Debido al auge de las TIC en la actualidad, el diseño, instalación y mantenimiento de CPDs se ha convertido en una de las labores más demandadas cuando hablamos de redes telemáticas.

Figura 3.10 Centro de Procesamiento de Datos



No vamos a entrar en detalle en este punto pues su análisis implica multitud de aspectos que están fuera del alcance de este proyecto, por lo que nos vamos a limitar a hacer una breve descripción de los puntos que se deben tener en cuenta a la hora de hablar de un CPD:

- Distribución y espacios: se debe revisar si los distintos equipos están ubicados de manera idónea dentro del CPD, para conseguir un buen aprovechamiento del espacio, así como conseguir la mejor refrigeración de los mismos (lo que conlleva un rendimiento más alto).
- Infraestructura eléctrica: los CPDs contienen equipos que funcionan sin descanso, y que no pueden permitirse una caída del servicio por falta de suministro eléctrico. Se debe asegurar siempre la redundancia en este aspecto. El empleo de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAIs) es muy común en estos casos.

- Infraestructura de climatización: este es uno de los aspectos fundamentales en un CPD, pues la gran concentración de equipos hace necesario el empleo de sistemas que mantengan una temperatura adecuada en la sala.
- Infraestructura de Protección contra Incendios: es de vital importancia asegurar los equipos del CPD contra un posible incendio mediante mecanismos de extinción que no dañen los mismos (detectores iónicos, empleo de gas FE13, etc.).
- Infraestructura de Seguridad: es importante contar con dispositivos que permitan restringir el acceso al CPD, evitando así la entrada de personas ajenas a la administración (puertas en los Racks, acceso mediante tarjeta a la sala, etc).

3.5 Conclusiones

La auditoría de redes telemáticas es una herramienta de gran valor y utilidad en la actualidad, pues nos permite evaluar el estado de la red de una entidad de cara a mejorar su rendimiento, realizar ampliaciones, renovar sus elementos, etc.

A la hora de llevarla a cabo no hay un guión preestablecido, ni técnicas estandarizadas. Simplemente existen una serie de herramientas y procedimientos que nos ayudan a obtener la información necesaria, siendo fundamental en este punto la experiencia y pericia del auditor para extraer de todo ello las conclusiones adecuadas.

Por lo tanto los pasos y recomendaciones expuestas en este capítulo han de entenderse como las mejores bajo nuestro punto de vista para una red Campus LAN, que es aquella que nos encontraremos en nuestro caso de estudio, lo que no significa que sean las únicas posibles.

En el correcto funcionamiento de una red encontramos implicados multitud de factores y sistemas: equipos de electrónica de red, sistemas de cableado, puestos de usuario, centros de procesamiento de datos, etc. Del estado en el que se encuentren estos sistemas y de cómo estén configurados, depende en gran medida que la red que estamos auditando sea capaz o no de ofrecer al usuario final un servicio de calidad.

Como consultores debemos ser capaces por lo tanto de analizar en profundidad cada uno de los sistemas de la red, encontrar sus virtudes y sobre todo sus fallos, y elaborar unas conclusiones y propuestas que contribuyan a optimizar su rendimiento.

Capítulo 4

Diseño e Implantación de redes tipo Campus en proyectos de telecomunicaciones

4.1 Introducción

En el capítulo anterior repasábamos los pasos que, a nuestro juicio, deben seguirse a la hora de realizar la auditoría de una red telemática, con el fin de obtener una pequeña guía que nos sirva de referencia para comprender los procedimientos que utilizaremos en el caso de estudio.

De modo similar, en los apartados que componen este capítulo, se describirán los aspectos a tener en cuenta para abordar el diseño y la implementación de redes dentro de un proyecto de telecomunicaciones, concretamente, en el caso de redes de tipo Campus LAN. El concepto de red tipo Campus ya fue introducido en el Capítulo 2 – Estado del arte -, y hace referencia a la red que interconecta diversas redes de área local distribuidas en un área geográfica limitada. En nuestro caso la red Campus LAN de la Universidad X interconectará sus distintos edificios.

A la hora de realizar el proyecto de una red de este tipo, existen una serie de puntos que debemos tener en cuenta, y que podemos agrupar de la siguiente manera:

- Fase de diseño de la solución de red.
- Instalación, configuración y puesta en servicio de la red.
- Segmentación de la red.
- Documentación y formación.

Es importante aclarar que, al igual que en el capítulo anterior, las técnicas y aspectos que enunciaremos a continuación no forman parte de ningún procedimiento estricto y cerrado, sino que únicamente tienen por objetivo establecer un guión genérico, que creemos puede sernos de utilidad para resolver casos análogos al que nos ocupa en este proyecto.

Por otro lado, puntualizar que a lo largo de este capítulo se considerará únicamente el diseño de la electrónica de red, sin entrar en ningún momento en aspectos propios del

cableado estructurado, los cuales, a pesar de tener una pequeña presencia en el siguiente capítulo, quedan fuera del propósito de este proyecto.

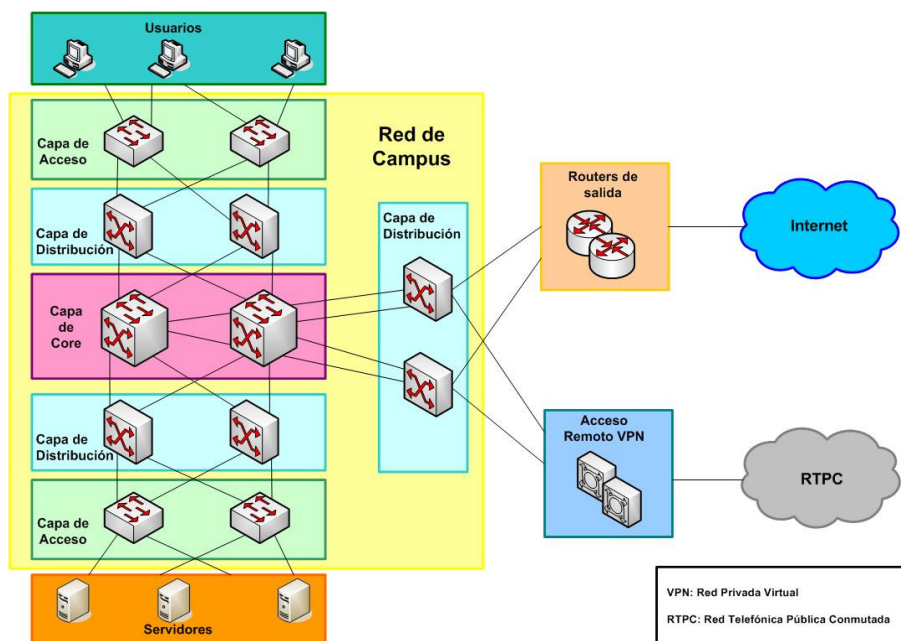
4.2 Diseño de la solución de red

Cuando nos enfrentamos a la tarea de diseñar una red de tipo Campus, debemos de tener siempre en cuenta que se trata de una red que debe ser capaz de dar soporte a un gran número de usuarios, los cuales demandarán una serie de servicios que en algunas ocasiones pueden resultar críticos. Por ello, nuestra red debe ser ante todo, robusta y fiable, y debe de estar diseñada para responder de manera rápida y eficaz ante cualquier problema que pueda surgir.

Este es uno de los motivos por el que adoptamos el modelo de capas propuesto por el fabricante Cisco Systems, como modelo para el diseño de nuestras redes Campus. Las ventajas más importantes que nos aporta su utilización son ([Cvdb]):

- Modularidad: su estructura jerarquizada, estructurada en diversos módulos, hace sencilla la labor de comprensión.
- Escalabilidad: las distintas capas permiten la diferenciación de las tareas que cumple cada uno de los módulos de la red.
- Fácil detección de problemas: al estar compuesto por distintas capas interconectadas pero independientes entre sí, resulta más sencillo aislar la causa del problema, y por lo tanto, solucionarlo.
- Separación de dominios de fallos: un problema en un nodo de una de las capas no afecta a las demás, independientemente de cómo estén diseñadas éstas.

Figura 4.1 Ejemplo de Red de Campus Jerarquizada



Como observamos en la figura 4.1, el modelo jerárquico que utilizaremos para diseñar nuestra red de Campus está compuesto por tres capas: *Core*, *Distribución* y *Acceso*. A través de estas capas interconectamos los usuarios, aplicaciones y equipos que conforman la red.

La capa de Core es la encargada de dar soporte al resto de la red, concentrando todo el tráfico de usuarios que llega hasta ella, y conmutándolo en capa 3 (nivel de red) hacia otras partes de la propia red de Campus o hacia al exterior. Es la parte que podríamos considerar más crítica de todo el diseño, pues su caída completa dejaría a toda la red sin servicio. Por ello es imprescindible para un buen diseño que el Core esté dotado de redundancia:

- Redundancia de equipamiento, instalando dos equipos que estén interconectados entre sí.
- Redundancia de elementos hardware: una tarjeta o elemento de supervisión y gestión por equipo, doble fuente de alimentación, etc.
- Redundancia de enlaces entre los propios equipos Core y hacia los de capa de distribución.

Los enlaces entre en el propio Core deben hacerse a altas velocidades, por lo que suelen emplearse enlaces como mínimo de 1 Gbps, aunque las tecnologías existentes en el mercado permiten el empleo de 10 Gbps mediante el uso de fibra óptica. En la actualidad la tendencia es utilizar estos últimos, tanto para la interconexión entre los equipos Core, como para los enlaces entre éste y la capa de distribución.

La capa de distribución, situada entre las de Core y acceso, nos permite tener una separación, tanto lógica como física, entre ambas, liberando al primero de la carga de tráfico que supondría tener directamente conectados a él todos los nodos de acceso. De esta manera logramos además aislar al Core de los fallos que puedan producirse en la capa de acceso. Al igual que la capa de Core, la capa de distribución debe tener redundancia, sino mediante el empleo de dos equipos, sí al menos con un equipo que cuente con doble fuente de alimentación, doble supervisora y doble tarjeta de puertos.

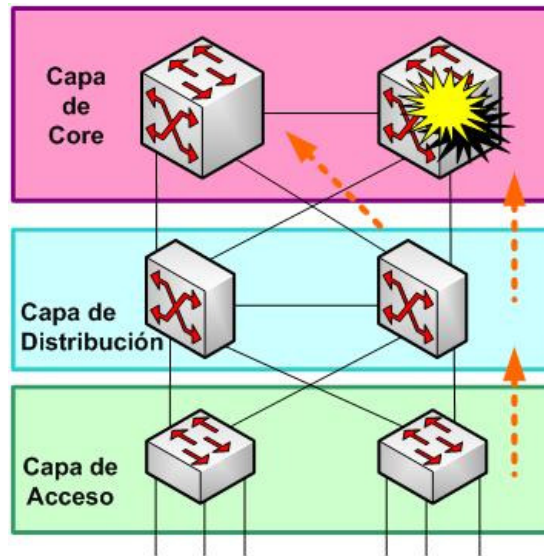
Los enlaces entre la capa de distribución y las capas de Core y acceso se realizan del siguiente modo:

- Entre Core y distribución, realizamos enlaces a nivel de red (capa 3), utilizando físicamente enlaces que serán preferiblemente de fibra óptica, como mínimo a 1 Gbps.
- Entre distribución y acceso, interconectamos a nivel de enlace (capa 2) preferentemente mediante fibra óptica a 1 Gbps.

Estos enlaces deberán ser redundantes, tal y como se muestra en la figura 4.1. Por otro lado, Cisco recomienda en sus guías de diseño, establecer un nivel más de redundancia, estableciendo para ello un enlace que interconecte los dos switches de distribución [Cvda]. Este enlace es necesario para poder soportar concentración de

información de enrutado desde la capa de distribución hacia la de Core. Si no se realiza esta concentración, los protocolos EIGRP y OSPF⁹, utilizados habitualmente a nivel 3, necesitarían interaccionar con un potencialmente gran número de nodos para converger, lo que supondría un empeoramiento de la calidad de servicio. Este enlace debe ser a nivel 3 también para un diseño eficiente, tal y como se muestra en la figura 4.2:

Figura 4.2 Topología recomendada, con un enlace entre los dos nodos de distribución



La utilización de enlaces a nivel 3 tanto entre los nodos de distribución, como entre éstos y la capa de Core, nos permite obtener una serie de ventajas que serían imposibles de tener empleando conmutación en capa 2:

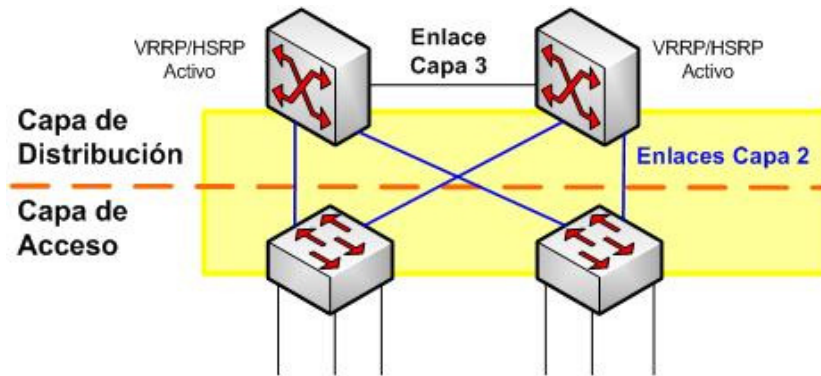
- QoS: gestión de calidad de servicio.
- ACLs: *Access Lists*, que nos permiten gestionar el tráfico que discurre por nuestra red.
- Políticas de enrutamiento
- Reducción de los tiempos de convergencia.
- Limitación del dominio broadcast.

Por último, la capa de acceso es la puerta de entrada de los usuarios (servidores, PCs, teléfonos IP, etc.) hacia la red, encargándose de interconectar los mismos a la capa de distribución. Esto lo consigue mediante enlaces en capa 2 con cada uno de los nodos de distribución. Cisco recomienda tener cuidado con el empleo de este tipo de enlaces dentro de una red de Campus, pues pueden provocar bucles, lo cual acabaría saturando de tráfico la red. Sin embargo, se tolera el uso de este tipo de enlaces entre las capas de distribución y acceso (nunca en enlaces distribución-distribución, o Core-distribución),

⁹ *Enhanced Interior Gateway Protocol* (EIGRP) y *Open Shortest Path First* (OSPF) son ambos protocolos de enrutamiento que operan a nivel de red, y permiten a los routers de la red determinar las rutas por las que deben enviar sus paquetes de datos.

pues el enlace a nivel 3 entre los switches de distribución mostrado en la figura 4.2, nos permite tener una topología libre de bucles hacia capas superiores. Para ello deberemos configurar correctamente los equipos de esta capa, utilizando protocolos como *VRRP* o *HSRP*¹⁰ (en el caso de disponer de equipamiento Cisco), tal y como se muestra en la figura 4.3:

Figura 4.3 Ejemplo de topología con nivel 2 libre de bucles en capa de acceso



Es importante que si utilizamos este tipo de topología, donde se requiere convergencia del protocolo de spanning tree, utilicemos como mínimo, la mejora de éste, el *RSPT* (Rapid Spanning Tree Protocol), que permite una convergencia mucho más rápida en caso de producirse un cambio en la misma. Si el equipamiento utilizado es Cisco Systems, se recomienda utilizar *Rapid PVST+* (Rapid Per VLAN Spanning Tree Plus), protocolo propietario del fabricante, y que supone una mejora respecto al *RSPT* [Cvda].

Otro de los aspectos en los que debemos poner atención cuando diseñamos una red en general, y de Campus en particular, es el número de usuarios o equipamiento final al que tenemos que prestar servicio. Esto nos dará el número de puertos de acceso que tenemos que dimensionar, lo que en definitiva, nos marcará la cantidad de switches que tendrá nuestra solución a nivel de acceso.

Aunque parezca un asunto trivial, hacer un buen dimensionamiento implica que, aparte de ser capaces de dar servicio a todos los usuarios actuales de la red, ésta debe tener capacidad de crecimiento para poder hacer frente a futuras necesidades, si bien no con los equipos actuales, sí con equipos que puedan ser incorporados sin problemas a la actual solución sin necesidad de grandes cambios en el diseño y la configuración.

Para lograr cumplir este objetivo, es habitual el uso de chasis modulares en las capas de distribución y Core. Estos equipos disponen de varias ranuras o *slots* donde se irán montando módulos de distintos tipos y número de puertos (cobre, fibra, velocidades de 10/100 o 10/100/1000 Mbps, etc.) según las necesidades de la red, dejando slots libres para la futura demanda de un mayor número de puertos.

¹⁰ *Hot Standby Router Protocol*. Protocolo de redundancia propietario de Cisco y similar al *VRRP* (*Virtual Router Redundancy Protocol*, RFC 3768), que permite interconectar routers para funcionar bajo la apariencia de uno solo, de manera que si falla el router activo, entra en servicio uno de los de respaldo.

Figura 4.4 Ejemplo de switches modulares y sus tarjetas



Todas estas recomendaciones nos ayudarán a diseñar redes de Campus similares a la que plantearemos más adelante en nuestro caso de estudio. Sin embargo, recalcamos que el diseño de redes no es una ciencia exacta, y lo aquí expuesto son pautas generales que no tienen por qué ser eficientes para todos los diseños, aunque sí son una buena base de la que partir al afrontar el diseño de una red Campus.

4.3 Instalación, Configuración y Puesta en servicio

Una vez realizado el diseño de la red, y tras su aprobación por parte del cliente, procederemos con la instalación y configuración de la electrónica correspondiente. Esta es una fase fundamental dentro del proyecto, puesto que debemos ser capaces de llevar a la realidad el diseño propuesto, así como todas sus características y virtudes.

Además, es el momento de demostrar nuestra competencia y buen hacer, pues una correcta ejecución de las tareas, que tenga como resultado una instalación de calidad, hará que el cliente quede satisfecho con nuestro trabajo y tenga una buena imagen de nosotros.

Durante todo este proceso hay un aspecto importante que debemos cuidar, y que hace referencia a las posibles paradas del servicio que necesitemos para llevar a cabo las tareas. La idea (y el objetivo) es causar el menor impacto en el desarrollo normal de las actividades del cliente. Es necesario por tanto conocer el grado de criticidad de la instalación, pues podemos encontrarnos con multitud de situaciones, que podríamos agrupar en:

- Instalación nueva, donde anteriormente no existe una red de telecomunicaciones. Es el caso más sencillo, pues al no existir una red, no existe parada del servicio. Aquí simplemente debemos coordinarnos con el personal encargado del área de comunicaciones del cliente, para realizar la

instalación una vez se den todas las condiciones necesarias para ello (por ejemplo: que el CPD ya esté preparado, el cableado estructurado ya desplegado, etc.).

- Renovación o ampliación de la red del cliente. Algunos clientes ya cuentan con una red, y se trata de, o bien ampliar la misma, o renovar alguna de sus partes. En estos casos influye altamente el nivel de criticidad, pues la parada del servicio puede llevar implicaciones importantes según el caso. Existirán clientes donde la parada del servicio pueda producirse en cualquier momento, sin que esto conlleve pérdidas de ningún tipo. Sin embargo, algunos clientes solo podrán parar bajo determinadas circunstancias, siendo necesario que nos sea habilitada una ventana de tiempo a la cual deberemos ceñirnos. Casos como un hospital, un aeropuerto, un ministerio, etc., son ejemplos en los que se dispone de poco margen de maniobra.

Una de las primeras tareas que debemos realizar, sobre todo si se trata de la renovación de parte del equipamiento de la red, es cumplimentar una hoja de asignación de puertos. En ella, recogemos la información de las conexiones actuales de los latiguillos que unen los equipos con los paneles de interconexión (patch panels) en los armarios de comunicaciones.

Ésta hoja nos servirá de guía para la instalación física del nuevo equipamiento y nos ayudará a localizar posibles problemas en la conexión física de forma rápida y sencilla, además de resultarnos de gran utilidad para el posterior mantenimiento y gestión de la red.

Figura 4.5 Ejemplo de hoja de asignación de puertos

EQUIPO/SERVICIO ORIGEN	FIBRA-COBRE	PANEL	PUERTA	SWITCH	MODULO	PUERTO	VLAN	DIRECCION IP	FASE
Servicio 1 y Servicio 2	SX			Switch 1	5 supervisora	1	TRUNK		1
Servicio 1 y Servicio 2	SX			Switch 1	5 supervisora	2	TRUNK		1
Servicio 1 y Servicio 2	C			Switch 1	5 supervisora	3	TRUNK		1
Conexión con CORE A 10G	SX			Switch 1	5 supervisora	4 (10g)	Puerto L3	10.45.17.50 /30	1
Conexión con CORE A 10G	SX			Switch 1	5 supervisora	5 (10g)			1
SSA, ZONA A fibra1	SX			Switch 1	1	1	TRUNK	TRUNK	1
SBIBLIOTECA, ZONA C fibra1	SX			Switch 1	1	2	TRUNK	TRUNK	1
S1A, ZONA A fibra1	SX			Switch 1	1	3	215	TRUNK	1
S1B, ZONA B fibra1	LH			Switch 1	1	4	TRUNK	TRUNK	1
S1C-114, ZONA C fibra1	SX			Switch 1	1	5	TRUNK	TRUNK	1
S1C-154, ZONA C fibra1	SX			Switch 1	1	6	TRUNK	TRUNK	1
S2A-204, ZONA A fibra1	SX			Switch 1	1	7	TRUNK	TRUNK	1
S2A-234, ZONA A fibra1	SX			Switch 1	1	8	TRUNK	TRUNK	1
S2C, ZONA C fibra1	SX			Switch 1	1	9	TRUNK	TRUNK	1
S3A, ZONA A fibra1	SX			Switch 1	1	10	TRUNK	TRUNK	1
S3B, ZONA B fibra1	SX			Jerez 1	1	11	TRUNK	TRUNK	1
S3C, ZONA C fibra1	SX			Jerez 1	1	12	TRUNK	TRUNK	1
S4A, ZONA A fibra1	SX			Jerez 1	1	13	TRUNK	TRUNK	1

La hoja de asignación nos será siempre de gran ayuda incluso si la instalación es nueva, pues aunque no hará falta rellenarla antes, sí que debe ser elaborada conforme se conecten los latiguillos en el Rack, pues nos servirá de gran ayuda a la hora de documentar las actuaciones realizadas.

Como comentábamos, el caso más sencillo que podemos encontrarnos es que no exista red previa. En este caso, podemos, en los días y horarios acordados con el cliente, proceder directamente con la instalación. En función de la situación, y del conocimiento que el cliente nos proporcione acerca de cuantos puertos se van a conectar, y como van a ir configurados, podremos proceder con la configuración de los equipos antes o después de su montaje físico en el armario de comunicaciones. Durante esta fase contaremos con técnicos de cableado, que nos ayudarán en el montaje físico de los equipos, y sobre todo, acometerán la labor de parcheado del cableado del Rack.

La situación se vuelve algo más compleja si se trata de añadir, o sobre todo, sustituir, equipos en una red ya existente. Ante una instalación de estas características, existen diversas maneras de proceder, pero una de las más comunes consiste en montar en paralelo el equipamiento nuevo. Si tenemos la posibilidad, sobre todo en cuanto a espacio físico, de ubicar los nuevos equipos lo bastante cerca (o en el mismo armario incluso) de los ya instalados, podremos montarlos, y sobre todo, configurarlos, sin necesidad de parar el servicio de la red actual. Esta configuración, podrá ser completa o parcial, en función de la información de la que dispongamos, o de la existencia de posibles cambios en la disposición actual de la red.

Figura 4.6 Ejemplos de Racks una vez instalados y cableados



Configurada la nueva electrónica, llega el momento de poner en marcha la migración de los servicios. Para ello, tendremos que trabajar estrechamente con el personal del cliente, que nos indicará que ventana de tiempo tenemos para realizar el cambio. Depende de la amplitud de ésta, podremos desconectar previamente todo el equipamiento antiguo para cablear y poner en funcionamiento el nuevo, o tendremos que hacerlo haciendo funcionar simultáneamente ambos.

Ésta última opción suele ser la elegida en casos de gran criticidad en la parada del servicio, e implican una mayor labor de configuración, puesto que debemos hacer que los nuevos equipos pertenezcan a la misma red que los ya existentes. Una vez hecho esto, no quedará más remedio que realizar la parada del servicio. En ese momento,

pasaremos las configuraciones existentes (VLANs, enlaces troncales, etc.) a los nuevos equipos, para poder así desconectar los antiguos, y reanudar el servicio.

Para concluir la instalación, debemos pasar una batería de pruebas que nos permita verificar el correcto funcionamiento de todos los equipos y enlaces. Estas pruebas deben ser acordadas con el cliente, y consistirán en:

- Comprobación de los servicios más críticos y de aquellos de utilización más frecuente.
- Comprobación de conectividad desde las VLANs configuradas en el equipamiento nuevo hacia distintas redes del cliente (por ejemplo, salida a Internet, red de impresoras, servidores de correo, etc.).

4.4 Segmentación

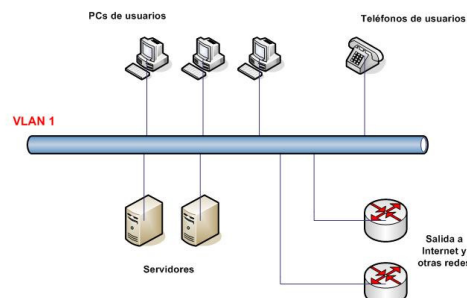
Podríamos pensar, y así es en muchos casos, que una vez instalados, configurados y conectados nuestros equipos, la red es capaz ya de funcionar correctamente sin ningún tipo de intervención. Sin embargo, en muchos casos de renovación o ampliación de la electrónica de red ya existente, podemos encontrarnos con una segmentación de la red deficiente, o incluso inexistente.

Entendemos por segmentación de una red, la división de la red en diferentes redes lógicas, agrupadas bajo una misma red física, de manera que cada uno de los segmentos puede ser gestionado y configurado de modo distinto al resto.

En muchas ocasiones el cliente contará con la situación planteada en la figura 4.7, donde tenemos un único segmento de red para gestionar todos los equipos de la misma, con las desventajas que esto conlleva:

- Altos niveles de broadcast.
- Imposibilidad de priorizar tráfico de ningún tipo.
- Bajo rendimiento de la red.
- Imposibilidad de aplicar políticas de seguridad.

Figura 4.7 Ejemplo de red no segmentada



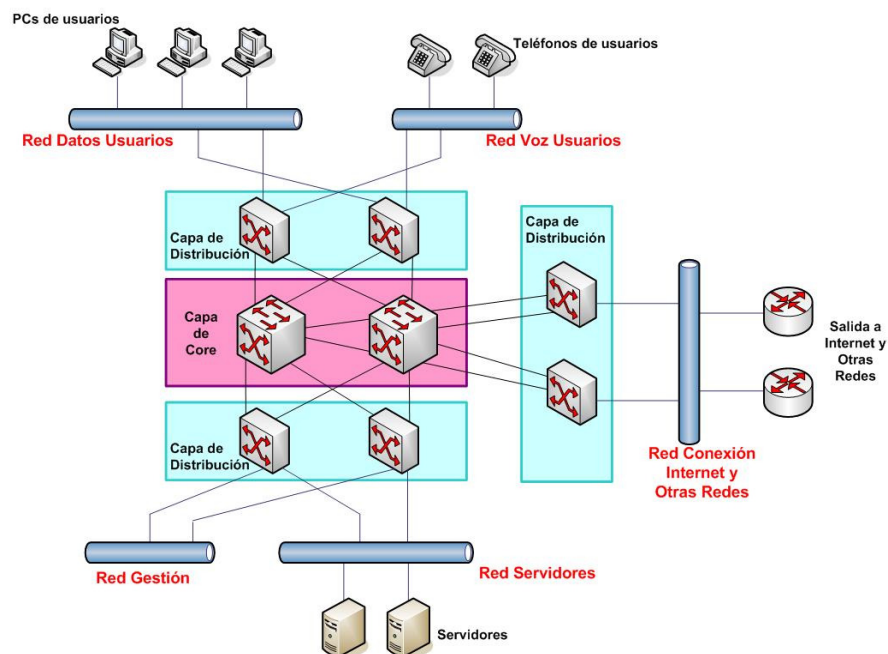
Si queremos sacar el mayor partido posible a la red, debemos realizar una correcta segmentación de la misma. Para ello mantendremos reuniones con el personal encargado de la gestión de la red del cliente, para conocer sus necesidades, y adaptar el diseño lo mejor posible a ellas. Esto es aplicable, y podríamos decir que casi obligatorio, en el caso de la instalación y configuración de una nueva red, para incorporar a la misma desde el comienzo las ventajas de la segmentación:

- Segmentos de red independientes: PCs de usuarios, teléfonos de usuarios, servidores, salida a Internet, etc.
- Priorización de tráfico en función de las necesidades del cliente.
- Alto rendimiento de la red (broadcast confinados a su VLAN).
- Tiempos de convergencia inferiores en caso de fallo (capa 3 entre Core y distribución).
- Incremento de la seguridad en la LAN.

Cabe recordar que la segmentación no es en sí un aspecto obligatorio de la solución, aunque en muchos casos será el propio cliente quien nos lo exija. Aún en el caso contrario, supone un valor añadido a nuestra propuesta, pues incrementa enormemente la calidad del servicio de la red, así como su administración y gestión.

Como ejemplo, si segmentáramos sobre el ejemplo de la figura 4.7 obtendríamos algo similar a lo siguiente:

Figura 4.8 Ejemplo de red segmentada



4.5 Documentación y Formación

El último paso de un proyecto de este tipo, donde se diseña e instala un equipamiento de electrónica de red en un cliente, debe ser entregar al mismo toda la documentación relacionada con el proceso. Esta documentación sirve por una parte, para acreditar las tareas realizadas, y por otro, para certificar y documentar el estado en el que entregamos la instalación al cliente, para que éste, pueda realizar un seguimiento y mantenimiento de la misma.

Cada proyecto es diferente de los demás, y puede tener asociada una documentación específica, pero por lo general, al finalizar un proyecto entregaremos al cliente como mínimo:

- Documentación técnica completa de los equipos que han sido instalados.
- Manuales de administración de los mismos.
- Esquema del conexionado a niveles físico y lógico de la red una vez finalizado el proyecto. Para esta parte nos será de gran utilidad la hoja de asignación de puertos que comentábamos en puntos anteriores.
- Copia original del software asociado al equipamiento instalado.
- Planos de la instalación.

En función del conocimiento que el cliente tenga sobre la electrónica de red suministrada, puede resultar de utilidad llevar a cabo una formación del mismo. De este modo tendrán la información y habilidades necesarias para poder gestionar y mantener su red.

Aunque esta formación no suele ser obligatoria cuando realizamos un proyecto dentro de este ámbito, en algunos casos, el personal encargado de la gestión de la red precisa de una actualización de sus conocimientos. Plantear la posibilidad de recibir formación acerca de los nuevos equipos suministrados aportará un valor añadido a nuestra propuesta, lo cual suele satisfacer bastante al cliente (en algunos casos nos será incluso exigido explícitamente al contratar el proyecto).

4.6 Conclusiones

Tal y como mencionábamos en el Capítulo 1 – Introducción -, este proyecto tiene dos partes bien diferenciadas, que convergen dentro de un mismo caso de estudio: una primera de auditoría de redes telemáticas, y una segunda, de diseño e instalación de este tipo de redes en proyectos de telecomunicaciones. Durante este capítulo hemos desarrollado la segunda de ellas.

Para el caso concreto que nos ocupa, el diseño de redes tipo Campus, nos decantamos por el uso de un modelo multicapa, con 3 niveles de referencia: Core, distribución y acceso. Escogemos este modelo por las ventajas que nos ofrece en cuanto

a modularidad, escalabilidad, detección de problemas y separación de dominios de fallos.

Hemos podido comprobar además, como aspectos tales como la redundancia, y la correcta configuración de los enlaces, influyen enormemente en la calidad de nuestra solución. Por ello será fundamental que las capas de Core y distribución contengan elementos redundantes, así como enlaces de nivel 3 entre ellas, dejando únicamente los enlaces de nivel 2 para unir las capas distribución y acceso. De este modo nos aseguramos una red libre de bucles.

Además del diseño, hemos repasado los pasos a seguir durante la posterior instalación y configuración de los equipos, en función de si nos enfrentamos a la instalación de una red nueva, o a la ampliación o renovación de una ya existente. En este punto prestaremos especial atención a los posibles cortes en el servicio que deban realizarse, pues en determinados clientes puede resultar crítico.

Por último vimos como un aspecto no obligatorio a priori en la configuración como es la segmentación de la red, puede ayudarnos a mejorar enormemente el resultado del diseño, incrementando las virtudes de la nueva instalación, con el valor añadido que eso supone.

Todos los pasos realizados durante la instalación y configuración deben ser documentados y entregados al cliente al finalizar, para que éste pueda disponer del conocimiento necesario para administrar y gestionar su nueva red. Si fuera necesario, se contempla la posibilidad de impartir una formación al personal del cliente para actualizar sus conocimientos acerca del equipamiento instalado.

PARTE IV

CASO DE ESTUDIO

Capítulo 5

Definición del proyecto I: Pliego de Prescripciones Técnicas

5.1 Introducción

Una vez descritos en los capítulos anteriores los procedimientos de auditoría y diseño de una red de telecomunicaciones, vamos a pasar a presentar el caso de estudio que será objeto del presente proyecto.

A través de su desarrollo y exposición se persigue mostrar una visión global del trabajo que realizo a diario, así como mostrar a través de un ejemplo que refleja bastante bien la práctica real, las distintas fases que componen un proyecto de ingeniería, concretamente, un proyecto de auditoría, diseño e integración de redes de comunicaciones. Pero, ¿cómo surge un proyecto de ingeniería?

La respuesta la encontramos en el concepto de oferta/demanda. Las redes telemáticas no son distintas de otras áreas de negocio, y en ellas encontramos entidades que tienen un problema o unas necesidades (demanda), a las que una empresa interesada en hacerse cargo del proyecto presentará una oferta con una propuesta de solución. En algunas ocasiones, cuando cliente y suministrador se conocen de proyectos anteriores, puede ocurrir que este intercambio de información se haga de manera directa entre las partes. Sin embargo, la práctica más habitual, sobre todo cuando se trata de entidades públicas o proyectos de gran envergadura, es que el cliente recoja todas sus necesidades y requisitos en un *Pliego de Prescripciones Técnicas*, exponiendo en él las condiciones mínimas que debe cumplir la solución ofertada.

En nuestro caso éste será el punto de partida del proyecto, y junto con la oferta técnica (que veremos en el Capítulo 6), nos ayudará a presentar el escenario sobre el que se va a desarrollar el caso de estudio, para poder así exponerlo de una manera amplia y detallada en los capítulos posteriores.

5.2 Consideraciones previas

Este proyecto de fin de carrera ha sido realizado en la empresa *Fujitsu Technologies* (en adelante, *Fujitsu*), en el *Departamento de Multimedia, Seguridad y Networking*, con el fin de complementar los conocimientos adquiridos en la carrera.

Diariamente llevamos a cabo, en el área de *Networking*, una amplia variedad de proyectos relacionados en su mayoría con la auditoría e integración de redes. Me parece interesante reflejar las partes de las que consta el ciclo de vida de un proyecto dentro de este ámbito, desde que se recibe un pliego de prescripciones técnicas por parte del cliente hasta que se implanta y pone en marcha la solución. Es en este punto donde surge la idea de este proyecto fin de carrera.

Es importante matizar que el caso de estudio no es un caso real. La idea es recoger la experiencia obtenida con varios clientes a lo largo de distintos proyectos, agrupándolos bajo un único proyecto y cliente creados de modo ficticio para tal efecto. Todo lo recogido a lo largo de los siguientes capítulos se ha hecho en base a proyectos y clientes de *Fujitsu*, con necesidades, soluciones y equipos que existen en el mercado.

En último lugar, quería hacer referencia a mi papel dentro de los proyectos llevados a cabo por *Fujitsu* y en los que se basa nuestro caso. Un proyecto consta de varias fases, en las que se ven involucrados profesionales con distintos perfiles, de acuerdo a las exigencias de las tareas a ejecutar: auditores, técnicos, jefes de proyecto, ingenieros, etc.

Resulta obvio que la responsabilidad y el peso de las tareas recaen sobre personas cualificadas para ello (por ejemplo, el diseño de la solución de red por los ingenieros de telecomunicaciones; las auditorías por los auditores; las instalaciones por los técnicos...). Sin embargo, mi papel en *Fujitsu* me ha permitido colaborar con muchas de las personas implicadas dentro de un proyecto, participando activamente en varias de sus fases, lo cual me permite tener una visión bastante amplia de todo el proceso.

Expuestas ya las consideraciones previas que debemos tener en cuenta a lo largo de la lectura de los siguientes capítulos, nos encontramos en disposición de comenzar a analizar nuestro caso de estudio.

5.3 Escenario del caso de estudio: Pliego de Prescripciones Técnicas

En los últimos años el auge de las telecomunicaciones ha supuesto una auténtica revolución en nuestras vidas. Hoy en día todo está relacionado, interconectado y al alcance de un sólo click de nuestro ratón. Cada vez son más los servicios de los que dispone la red, habiéndose convertido Internet en una valiosa herramienta a la hora de encontrar y compartir conocimientos e información.

La *Universidad X* (nuestro cliente en este proyecto) es consciente de ello, y en este aspecto siempre ha intentado que sus usuarios (profesores, alumnos, administrativos...) dispongan de los medios necesarios para acceder a los mejores servicios, lo que en los últimos años ha supuesto el aumento del número de equipos que componen su red. Este hecho, unido a que las aplicaciones y herramientas telemáticas que pone a su disposición demandan cada vez una mayor cantidad de recursos, hace que el equipamiento con el que cuenta la Universidad haya quedado obsoleto.

Además hay que añadir que este equipamiento ha sido adquirido a lo largo de los años a través de diversos proyectos, estando compuesto por equipos de distintos

fabricantes, que no siempre cuentan con características similares. Esto conlleva una serie de limitaciones técnicas de la red a la hora de soportar las nuevas aplicaciones y servicios implementados por la Universidad.

Por otro lado, se encuentra en fase de construcción un nuevo edificio con el que la Universidad pretende ampliar su Campus y ofrecer una mayor oferta educativa. Este nuevo edificio deberá contar con una infraestructura y una electrónica que lo permitan conectarse a la red ya existente en el Campus, con el fin de que los alumnos y profesores que utilicen este edificio puedan acceder y disfrutar de sus recursos.

La Universidad estima que el hecho de tener que realizar el diseño para el nuevo edificio supone una buena oportunidad para llevar a cabo una revisión del estado de la red actual. Con ello se pretende evaluar el rendimiento que ofrece actualmente y comprobar si se está prestando a los usuarios un servicio de calidad. En caso de creer necesario un rediseño o renovación tanto de la red completa como de alguna de sus partes, la Universidad estudiará distintas propuestas que deberán ser presentadas junto a la documentación de la auditoría. Se valorará positivamente que las mejoras sugeridas estén unificadas con el diseño presentado para el nuevo edificio. Con esto se pretende acabar con uno de los problemas con los que cuenta la actual red y que mencionábamos anteriormente: incompatibilidades debidas a la utilización de equipos de distintos fabricantes.

Por lo tanto podemos hablar de que el proyecto que nos ocupa consta de dos partes bien diferenciadas y que en un primer momento pueden considerarse independientes. Hablamos de *un primer momento*, pues es posible que una vez realizada la auditoría se crea necesario un rediseño de la red, en cuyo caso se realizaría una propuesta de mejora que debe ser compatible con la presentada para el nuevo edificio. Sin embargo hasta finalizar la fase de auditoría, estaremos hablando de dos procesos independientes, y que pueden ser llevados a cabo en paralelo.

Todo esto queda perfectamente reflejado en el pliego¹¹ redactado por la Universidad. En él, encontramos que en la fase de consultoría debemos cubrir los siguientes aspectos:

- Analizar la situación actual de la red (inventario de equipos, revisión de los racks de comunicaciones, estado de la infraestructura y cableado, etc.).
- Evaluación de la configuración de seguridad, atendiendo a aspectos como la redundancia, tolerancia a fallos y la protección contra intrusos.
- En último lugar, se elaborará una propuesta de mejora sobre la red actual que optimice la misma.

Este tercer punto es de suma importancia. Si somos capaces de presentar una oferta competitiva en este aspecto (habiendo sido los encargados de realizar tanto la auditoría como el diseño e instalación de la infraestructura y electrónica del nuevo edificio), tendremos un alto porcentaje de posibilidades de que la Universidad decida

¹¹ Ver Anexo, *Pliego de Prescripciones Técnicas de Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X.*

adjudicarnos la renovación de su red actual, con los beneficios económicos que eso supondría para nosotros.

En cuanto al diseño de la infraestructura y la electrónica del nuevo edificio del Campus, la Universidad detalla en el pliego todos los aspectos que tendrá que incluir como mínimo nuestra solución.

Para la infraestructura, se enumeran las distintas normativas que han de cumplirse en cuanto a la instalación eléctrica (cableado, conductores, puesta a tierra, canalizaciones...), protección contra incendios, armarios de comunicaciones (Racks), certificación de la instalación, etc. Hay que resaltar que tal y como se indica, la Universidad quiere que la instalación esté sobredimensionada en un 25%, permitiendo así futuras ampliaciones sin tener que realizar modificaciones.

En el apartado de electrónica de red, el pliego detalla el tipo y número de equipos que estima necesarios para dar servicio al nuevo edificio, así como aporta información acerca de la ubicación de los armarios de comunicaciones donde irán instalados. Dado que la electrónica existente en el Campus cuenta ya con un *Core* de comunicaciones, el nuevo edificio únicamente necesitará de electrónica de *distribución* y de *acceso*. Para la primera, se pide el suministro de un equipo de tipo chasis modular, con capacidad para distintas tarjetas que permitan tanto conexiones de fibra a 1 y 10 Gigabit (para las conexiones contra los switches de acceso y el Core), como conexiones de cobre Ethernet a 10/100/1000 Mbps¹². Los equipos de acceso sin embargo, deberán ser *standalone*¹³, con capacidad para un mínimo de 40 puertos Ethernet 10/100/1000 Mbps, y un mínimo de dos puertos de fibra a 1 Gigabit para las conexiones con el equipo de distribución.

Los equipos suministrados deberán ser completamente compatibles entre sí en cuestión de redundancia y tolerancia a fallos, software de gestión, protocolos, etc.; también deber poder ser monitorizados por protocolos estandarizados.

Los equipos serán ubicados atendiendo a la siguiente información proporcionada por la Universidad:

- 1 armario en la planta baja para dar servicio al switch de distribución.
- 3 armarios en la planta baja, para dar servicio a aulas, 2 laboratorios y 2 salas de informática. Cada armario contendrá un switch de acceso.
- 1 armario en la planta primera, con 2 switches de acceso para dar servicio a aulas y laboratorios.
- 1 armario en la segunda planta, para dar servicio a aulas. Constará de 2 switches de acceso.
- 1 armario para dar servicio a los despachos de profesores de la planta tercera. Constará igualmente de 2 switches de acceso.

¹² Para un mayor detalle de las características técnicas en cuanto a electrónica e infraestructura consultar el *Pliego de Prescripciones Técnicas* anexo.

¹³ Equipos no modulares.

En la siguiente tabla se resumen los suministros que precisa la Universidad para el nuevo edificio:

Tabla 5.1 Resumen de suministros requeridos para el nuevo edificio

Edificio Nuevo – Electrónica e Infraestructura a suministrar	
Electrónica	Infraestructura
<ul style="list-style-type: none"> - 1 equipo de electrónica de distribución o edificio - 9 switches de acceso 	<ul style="list-style-type: none"> - 204 tomas de usuario - 7 armarios de comunicaciones

Además de suministrar e instalar la electrónica de red, debemos ofrecer un servicio de soporte y garantía durante 3 años en caso de reparación o reposición. Se pide que la asistencia sea *in-situ*, e incluirá el desplazamiento del personal necesario, la mano de obra, y los componentes de repuesto. El horario de atención será de 8 horas al día (horario laborable), con un tiempo de respuesta inferior a 8 horas.

Por último, la cuantía máxima del importe correspondiente a este proyecto (diseño del nuevo edificio, auditoría, y propuesta de mejora) no puede superar el 1.250.000,00€ (MILLÓN DOSCIENTOS CINCUENTA MIL EUROS) I.V.A. incluido. Nosotros realizaremos una oferta lo más competitiva posible, reduciendo al máximo posible el precio sin perder en calidad de la solución.

5.4 Conclusiones

En el bloque de capítulos anterior nuestro objetivo consistía en definir los procedimientos de auditoría y diseño de una red de telecomunicaciones. Con este capítulo comenzamos un nuevo bloque en el que a través de la exposición y desarrollo de un caso de estudio repasaremos las diferentes fases que tienen lugar en un proyecto relacionado con las redes telemáticas.

El ciclo de vida de un proyecto comienza con una primera fase de *Definición*. En ella, cliente y suministrador intercambian información acerca de las necesidades y requerimientos del primero, y las soluciones y servicios que le ofrece el segundo. Este intercambio de información puede darse de diversas formas, siendo una muy común que el cliente recoja toda la información acerca de lo que necesita en un *Pliego de Prescripciones Técnicas*.

Tal y como se recoge en este capítulo, el proyecto a abordar se compone de dos tareas bien diferenciadas: una auditoría de red, y el diseño e implementación de una red de comunicaciones.

En la fase de consultoría, nuestro objetivo es determinar el estado de la red actual, hacer un inventario de la electrónica con la que cuenta actualmente la Universidad, evaluar su rendimiento, y proponer una solución que permita optimizar la red y ofrecer a los usuarios unos servicios y aplicaciones telemáticas de calidad.

Ante la construcción de un nuevo edificio en el Campus, la Universidad tiene la necesidad de dotarlo de una infraestructura y un equipamiento de comunicaciones que lo permitan conectarse a la red que ya posee la Universidad.

Es propósito también del presente capítulo aclarar que tanto la *Universidad X*, como *Nuestra Empresa S.A.* son entidades ficticias, no existentes en la realidad.

Capítulo 6

Definición del proyecto II:

Oferta Técnica

6.1 Introducción

En el capítulo anterior se planteaban los conceptos de oferta y demanda como la semilla de la que nace cualquier proyecto en general, y de ingeniería en particular. Una vez introducido el *Pliego de Prescripciones Técnicas*, en el que nuestro cliente, la Universidad X, detalla sus necesidades (demanda), es el turno de complementar la definición del proyecto a través de su otra mitad: la *Oferta Técnica*.

Dicha oferta es presentada por *Nuestra Empresa S.A.* (en adelante NESA), nuestra empresa ficticia de telecomunicaciones, en respuesta al *Pliego de Prescripciones Técnicas* emitido por la *Universidad X*, con la intención de convertirse en la entidad adjudicataria del proyecto. Para lograrlo realizamos una oferta que pensamos que es bastante competitiva, y que no sólo satisface los requerimientos del cliente, sino que además, la solución propuesta aporta valor añadido a su red.

Como hemos mencionado en el Capítulo 5 – Definición del proyecto I: Pliego de Prescripciones Técnicas - al detallar los requerimientos del proyecto, la Universidad plantea dos tareas que en principio son independientes, y que afectan a ámbitos distintos. Por un lado haremos frente a una consultoría de la red que posee ya el cliente, y por otro, conectaremos su nuevo edificio (en construcción) con dicha red, encargándonos del diseño e instalación de toda la infraestructura y electrónica necesarias para ello. En líneas generales la oferta de NESA abarcará los siguientes aspectos:

- Evaluación del estado actual (inventario del sistema de cableado y electrónica de red, estimación de necesidades, etc.).
- Estudio de la seguridad de la red actual prestando atención a aspectos como la redundancia, tolerancia a fallos, protección contra intrusos..., con el objetivo de asegurar la continuidad del servicio ante cualquier eventual incidencia.
- Realización de una propuesta de optimización de la red actual.

- Diseño de solución para la implantación de infraestructura y electrónica de red en el nuevo edificio del Campus, compatible con las mejoras propuestas para la red existente.

6.2 Consultoría de Comunicaciones

El objetivo principal que se persigue con esta auditoría es evaluar el estado en que se encuentra la actual red de comunicaciones del Campus, detectar sus posibles fallos o carencias, y proponer una mejora que la permita dar un servicio de calidad a los usuarios del mismo. Para ello se llevará a cabo una revisión exhaustiva tanto de la infraestructura de cableado como de la electrónica de red presentes actualmente en la Universidad.

Crearemos un inventario del equipamiento instalado, localizando y evaluando el estado de los armarios de comunicaciones (Racks) en los distintos edificios, lo que nos ayudará a elaborar un esquema de la topología física y lógica de la red. Asimismo utilizaremos herramientas del fabricante *Fluke* para determinar la categoría y estado del cableado de red (certificación de la red) o bien para detectar equipos y usuarios conectados a ella (herramienta *Fluke Optiview*). Se examinarán las configuraciones de los equipos que conforman el Core, así como monitorizaremos la red con ayuda de *packet sniffers*¹⁴ para estudiar su rendimiento y grado de utilización. Todos estos aspectos están recogidos en un *Informe de Auditoría*, el cual desarrollaremos en el siguiente capítulo. Este informe incluirá una propuesta de mejora basada en el conocimiento de la red adquirido durante su estudio, cuyo objetivo es optimizar aspectos tales como:

- Interconexión de Redes LAN.
- Conexión y acceso a otras redes públicas, acceso remoto y conexión a Internet.
- Plan de direccionamiento.
- Barrera perimetral.

Con nuestro diseño buscaremos que la red cumpla unos mínimos en cuanto a seguridad lógica se refiere (la seguridad física deberá ser garantizada por el personal de comunicaciones de la Universidad), dotándola de redundancia en todos aquellos elementos de equipamiento que puedan resultar críticos. Estos elementos estarán configurados para entrar en funcionamiento de manera automática en caso de caída de los principales, sin causar parada del servicio.

Por otra parte, se definirá un esquema de VLANs, así como sus mecanismos asociados, que nos permita mantener la confidencialidad e integridad, además de controlar la accesibilidad. De esta manera evitaremos en la medida de lo posible los accesos no deseados.

¹⁴ Programas de captura de tramas de red. Entre sus diversos usos está la monitorización de redes para medir el tráfico o detectar problemas de red, así como usos maliciosos para interceptar información confidencial que viaje por la red.

6.3 *Diseño de la Red del Nuevo Edificio*

La otra tarea definida por la Universidad en su pliego consiste en el diseño y posterior implementación de una red de comunicaciones para su nuevo edificio que permita a los futuros usuarios del mismo acceder a los servicios telemáticos con los que cuenta el Campus. Para ello, y a través de reuniones con el personal del área de comunicaciones de la Universidad, se definirán aquellas necesidades a cubrir por la nueva red. En este punto será importante de cara al diseño contar con información acerca del número de puestos y usuarios a los que se pretende prestar servicio, así como del ancho de banda que necesitarán, pues esto nos dará una idea del dimensionamiento que debemos dar a la red.

Además existen algunos conceptos que cobran vital importancia cuando hablamos del diseño de redes de comunicaciones, y que es conveniente que estén incluidos en la solución:

- **Alta disponibilidad:** es importante que la red disponga de una *jerarquía* bien estructurada. Este concepto influye directamente en la disponibilidad de los equipos (capacidad para estar operativos).
- **Previsibilidad:** una red no previsible genera a menudo una gran cantidad de problemas.
- **Modularidad:** mediante el empleo de un diseño basado en bloques o módulos, independientes entre sí, conseguimos facilitar la labor de resolución de problemas.
- **Capacidad de recuperación:** la capacidad de una red para recuperarse o ajustarse tras un fallo o cambio y puede ser considerada como uno de los factores principales para conseguir una *Alta Disponibilidad*.

El diseño para la red del nuevo edificio puede dividirse en dos partes, que si bien se complementan, tienen diferentes características, y requieren un tratamiento y un personal para llevarlo a cabo distintos: *infraestructura de red* y *electrónica de red*. A continuación entraremos en detalle en cada uno de ellos y veremos cómo los plantea NESA en su oferta.

Solución de Infraestructura de Cableado

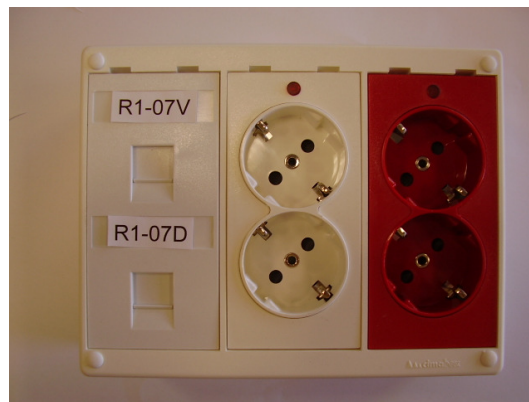
Para que el equipamiento de red a instalar en el nuevo edificio de servicio a cada uno de sus usuarios es necesario que exista una infraestructura, un cableado que se encargue de conectar dicho equipamiento con todos y cada uno de los puestos de trabajo distribuidos a lo largo del edificio, y que además, conecte éste al Core del Campus.

En la solución se ha perseguido cumplir con todos los requisitos presentados por la Universidad en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*. Es por ello que seguiremos el

esquema topológico definido en la norma *EN 50173*¹⁵. Para el *Subsistema Horizontal*, que es el encargado de conectar los armarios de distribución de las distintas plantas con los puestos de trabajo ubicados en cada una de ellas (*topología en estrella*), utilizaremos cables de cuatro pares de cobre trenzados UTP Categoría 6, libres de halógenos.

En los puestos de trabajo la terminación del cableado horizontal se realizará utilizando módulos de alta densidad RJ45 hembra de 8 pines Categoría 6, que irán ubicados en rosetas de tipo *CIMA*, con tres módulos: dos destinados a alimentación eléctrica, con cuatro tomas de tipo Shucko (dos por módulo), siendo dos de ellas de corriente asistida (limpia), y dos de corriente no asistida (sucía); y un módulo con dos conectores RJ45 (voz y datos).

Figura 6.1 Detalle de roseta tipo CIMA en puesto de trabajo



Se suministrarán latiguillos UTP RJ45/RJ45 Categoría 6 de 3 metros, para la conexión de los equipos a las tomas de datos de los puestos de trabajo.

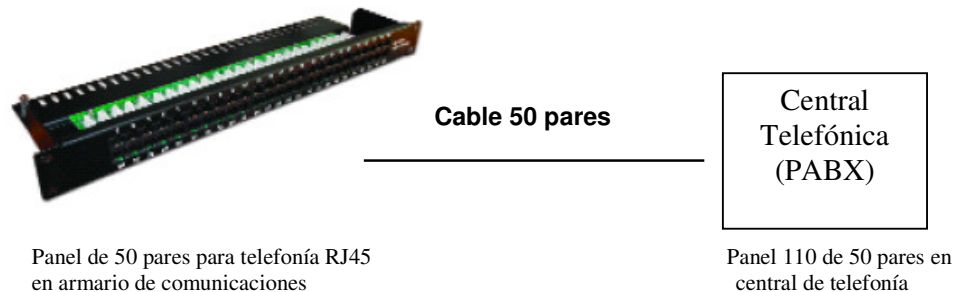
En el otro extremo del cableado horizontal tenemos el *Subsistema de Administración*, constituido por armarios de distribución que contendrán paneles de interconexión, repartidores y latiguillos. Estos armarios serán suministrados junto al equipamiento, y tendrán las dimensiones adecuadas a los elementos a instalar en su interior, así como a los espacios que la Universidad tiene asignados para ellos. Contarán con una puerta de cristal, pasahilos de gestión, ganchos para fijación de latiguillos y regleta de enchufes de 8 tomas Shucko para la alimentación de los equipos.

Los armarios contarán, además de con la electrónica de red correspondiente, con paneles de parcheo o interconexión troquelados de 24 y 48 Puertos RJ45 Categoría 6, así como paneles de 50 puertos RJ45 de Categoría 3 para la conexión de la red de telefonía (que se desplegará en el edificio junto a la de datos) con el repartidor principal de la central de telefonía del Campus ubicada en el CPD. Estos paneles serán los que nos permitan conectar el cableado horizontal del nuevo edificio con las redes de telefonía y datos ya existente en el Campus.

¹⁵ Norma recogida por el *CENELEC* (*Comité Europeo de Normalización Electrotécnica*), y que especifica el cableado para *Tecnologías de la Información y Comunicación (ICT)*, *Tecnologías de Emisión y Comunicación (BCT)* y *Comandos, Controles y Comunicaciones en Edificios (CCCB)*.

Todas estas especificaciones, así como las relacionadas con la instalación eléctrica, y los conductos y canalizaciones, se encuentran recogidas en mayor detalle en la Oferta Técnica¹⁶ presentada por NESA.

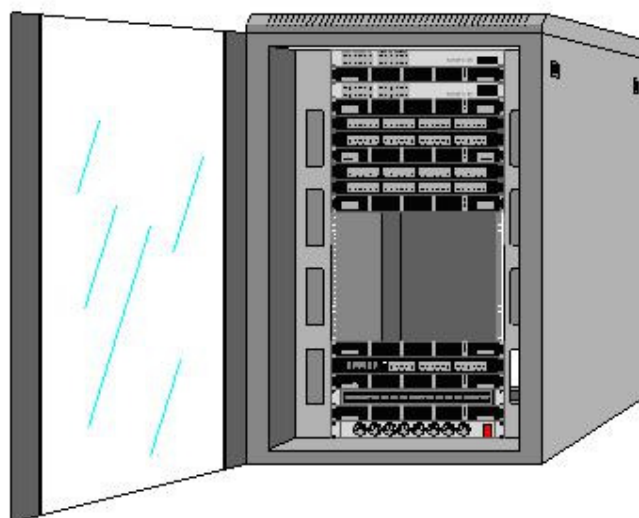
Figura 6.2 Ejemplo de panel de interconexión para telefonía



En la figura 6.3 tenemos un ejemplo tipo de la composición de un armario de distribución, con una capacidad de ampliación del 50%, y que incluye todos los elementos y componentes tal y como se han establecido.

En cuanto a la instalación eléctrica, ésta se realizará en su totalidad siguiendo las recomendaciones del *Reglamento Electrónico para Baja Tensión* y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Para las canalizaciones, emplearemos bandejas de tipo Rejiban de distintos tamaños, que discurrirán por el falso suelo, utilizando para su anclaje y fijación componentes resistentes que eviten balanceos. Los tubos de salida a verticales y falso suelo emplearán tubo de tipo forroplás de distintas métricas, según la necesidad. Toda la instalación estará un 25% sobredimensionada como mínimo.

Figura 6.3 Ejemplo de armario de distribución de cableado



¹⁶ Ver Anexo, *Oferta Técnica Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X.*

Una vez terminada la instalación de todo el cableado, procederemos a certificarla utilizando para ello el equipamiento adecuado (del fabricante *Fluke*, homologado y calibrado), atendiendo a cada toma de usuario, así como al cableado. El objetivo es homologar que la instalación y sus componentes superan las normativas para cableado de edificios *ISO/IEC 11801:2ª Edición 2000* y *EN50173:2ª Edición 2000*.

La siguiente tabla incluye el resumen de suministros ofertados para la parte de infraestructura del nuevo edificio del Campus:

Tabla 6.1 **Resumen de suministros ofertados para la infraestructura del nuevo edificio**

Edificio Nuevo – Suministros de Infraestructura	
Equipo	Unidades ofertadas
Puesto de Trabajo formado por: - 2 Tomas RJ45 Cat. 6 - 4 Tomas eléctricas	204 tomas de usuario

Solución de Electrónica de Red

En siguiente lugar, y una vez descrita la solución ofertada en cuanto a infraestructura, nos queda describir la oferta de NESA para la electrónica de red del nuevo edificio. En el diseño de dicha solución se ha buscado, por una parte, cumplir con todos los requisitos planteados por la Universidad, y por otra, aportar valor añadido mediante el uso de un diseño y unos equipos que ofrezcan las mejores condiciones en cuanto a disponibilidad, previsibilidad, modularidad y fiabilidad.

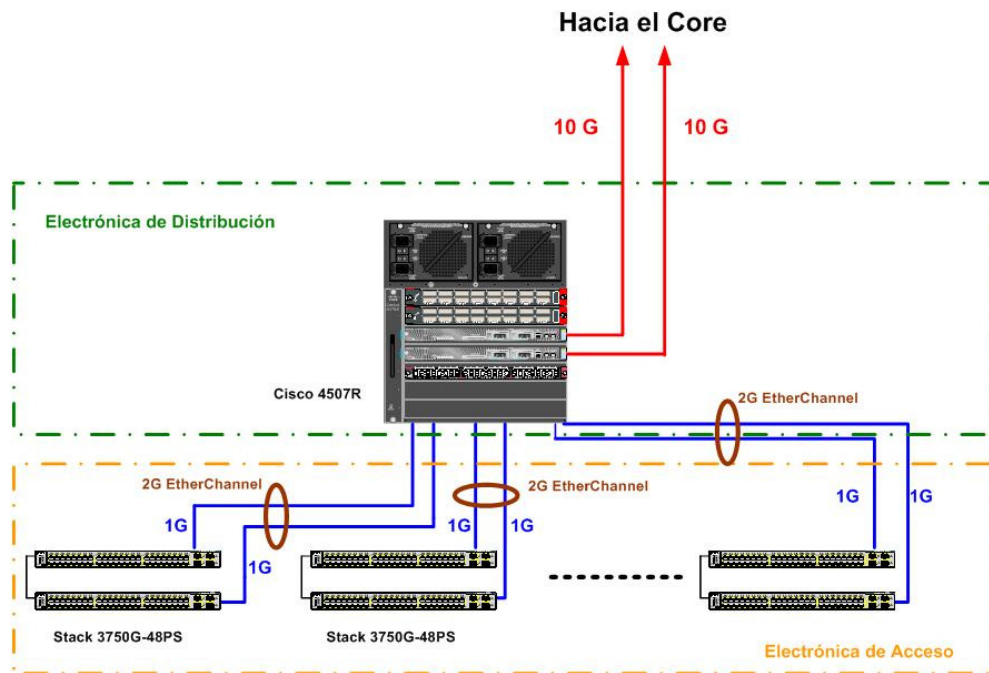
Por ello se ha elegido un *Diseño Multicapa*, basado en una arquitectura de tres niveles de conmutación, que son independientes entre sí, facilitando la resolución de problemas. Esos tres niveles son:

- **Capa de Core:** proporciona una estructura de conmutación de paquetes a alta velocidad. Será la encargada de soportar todas las conexiones de la capa de distribución con un alto nivel de transferencia, rendimiento y disponibilidad. Este nivel ya existe en el Campus, por lo que no lo implementaremos en nuestra solución.
- **Capa de Distribución:** su función es aislar el Core de la capa de acceso. Los equipos de distribución deben ser capaces de soportar conexiones 10Gb y GigE hacia el Core al tiempo que proporcionan un entramado de conmutación de alta velocidad que permita a los usuarios disponer de una tasa alta de transmisión.
- **Capa de Acceso:** es la encargada de dar conexión a velocidad Gigabit a las tomas de usuario.

A la hora de elegir el equipamiento a ofertar, nos decantamos por equipos del fabricante Cisco Systems, líder mundial en la fabricación de equipamiento para redes telemáticas. La solución propuesta se compone de un equipo de distribución (situado en

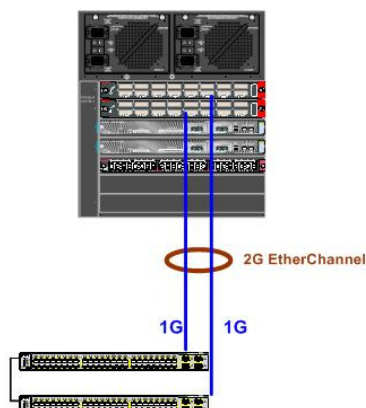
la planta baja del edificio tal y como se detalla en el pliego) que será el encargado de dar servicio a los distintos switches de acceso distribuidos por las plantas. Por otro lado, el equipo de distribución proporcionará una conexión redundante a 10 Gigabits contra el Core del Campus, permitiendo a los equipos del nuevo edificio acceder a los servicios telemáticos de la Universidad. En la siguiente figura podemos observar el diseño propuesto:

Figura 6.4 Diseño de red propuesto para el nuevo edificio



Para los enlaces entre las capas de acceso y agregación se configurarán *EtherChannels* a 2G. Esta tecnología permite agrupar varios enlaces físicos Ethernet para crear un único enlace lógico aumentando con ello la capacidad del enlace. Podremos agrupar hasta ocho puertos Ethernet bajo un mismo enlace lógico, alcanzando anchos de banda que van desde los 800 Mbps (con puertos Ethernet de 100 Mbps) hasta 80 Gbps (agrupando puertos de 10 Gbps Ethernet).

Figura 6.5 Ejemplo de agregación mediante EtherChannel



El equipo elegido como electrónica de distribución para el nuevo edificio es un conmutador modular de la serie *Cisco Catalyst 4500*, concretamente, el modelo *4507R* con 7 slots y que montaremos con:

- Dos tarjetas supervisoras de la familia Sup6 (Referencia procesadora: WS-X45-SUP6-E), con dos puertos de tipo X2 a 10Gb cada una.
- Dos fuentes de alimentación y ventilador.
- Una tarjeta de puertos en cobre para tecnologías Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T con 24 puertos (Referencia tarjeta: WS-X4424-GB-RJ45).
- Dos tarjetas de 18 puertos para fibra multimodo de 1 Gigabit Ethernet (1000BASE-SX). Estos puertos irán provistos de un módulo conversor de fibra GBIC para conexión de la misma. (Referencia tarjeta: WS-X4418-GB).

Los equipos de la serie Catalyst 4500 cuentan con una experiencia de más de 20 años en el mercado, prueba de lo estables que son. Por este motivo ofertamos un único equipo en la capa de distribución. Sin embargo, como podemos observar, el equipo cuenta con doble fuente de alimentación, doble supervisora y doble tarjeta de puertos de Giga, lo que confiere gran redundancia a la solución.

Figura 6.6 Cisco Catalyst 4507R



La familia de conmutadores Cisco Catalyst 4500¹⁷ ofrece una amplia gama de servicios y capacidades para la conmutación de paquetes a niveles 2-4 y el control avanzado en redes convergentes de tráfico de voz, video y datos. Su arquitectura de tipo modular le dota de una gran flexibilidad, así como de una amplia variedad de configuraciones posibles y capacidad para altas densidades de puertos Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, gracias a su elevada capacidad de conmutación que ofrece su backplane de 64 Gbps.

¹⁷ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCaa].

Se ofertan tanto los módulos X2¹⁸ (Referencia módulo: X2-10GB-LR) para conexión de fibra a 10G contra el Core, como los módulos GBIC¹⁹ (Referencia módulo: WS-G5484) para los uplink de fibra a 1G con los switches de acceso:

Figura 6.7 Módulos Cisco X2 (izquierda, tomada de [hoCb]) y módulos Cisco GBIC (derecha, tomada de [hoCh])



Para la electrónica de acceso elegimos switches de la familia 3750, más concretamente, el modelo 3750G-48PS²⁰, cuyas principales características son:

Figura 6.8 Cisco Catalyst 3750G-48PS



- 48 puertos 10/100/1000 RJ45 para cobre.
- 4 puertos para fibra mediante módulo conversor SFP.
- Inter-VLAN IP routing (Layer 3).
- Capacidad de conmutación (backplane): 32 Gbps.
- PoE²¹ en los 48 puertos 10/100/1000, permitiendo la alimentación a través del cable de red de dispositivos tales como teléfonos IP o cámaras IP. Esta funcionalidad supone una importante mejora respecto a los requerimientos del *Pliego de Prescripciones Técnicas* para estos switches.
- Permite la conexión de hasta nueve switches Cisco Catalyst 3750 individuales en una sola unidad lógica mediante cables de interconexión y software de apilamiento especiales. Una pila en funcionamiento se comporta como una única unidad de conmutación gestionada por el switch principal y tiene una única dirección IP. La pila puede aceptar nuevos miembros o eliminar miembros antiguos sin interrumpir el servicio (*Plug-and-Play*), encargándose el switch principal de crear y actualizar automáticamente todas las tablas de conmutación y de enrutamiento opcional de la pila.

¹⁸ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCb].

¹⁹ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCh].

²⁰ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCbb].

²¹ *PoE: Power over Ethernet*. Tecnología que permite suministrar alimentación eléctrica a través de los puertos de un equipo de red LAN, para poder conectar dispositivos como cámaras de red o teléfonos IP. Está regulado bajo el estándar 802.3af.

Se ofertan también módulos conversores SFP²² para conexión de fibra multimodo, en concreto un módulo por cada switch. (Referencia módulo: GLC-SX-MM):

Figura 6.9 Módulos SFP modelo GLC-SX-MM (tomada de [hoCe])



Nota: Todas las especificaciones técnicas acerca de estos equipos y de sus tarjetas y módulos correspondientes pueden consultarse en detalle en la *Oferta Técnica* presentada por NESAs, así como en los enlaces detallados en *Referencias*.

Una vez descritos los equipos que vamos a emplear en nuestra solución, nos queda presentar los diseños físico y lógico que vamos a implementar en el nuevo edificio. Físicamente la red del nuevo edificio consta de un armario (Rack) de distribución, que se ubicará en la planta baja, y de distintos armarios de acceso distribuidos por las plantas.

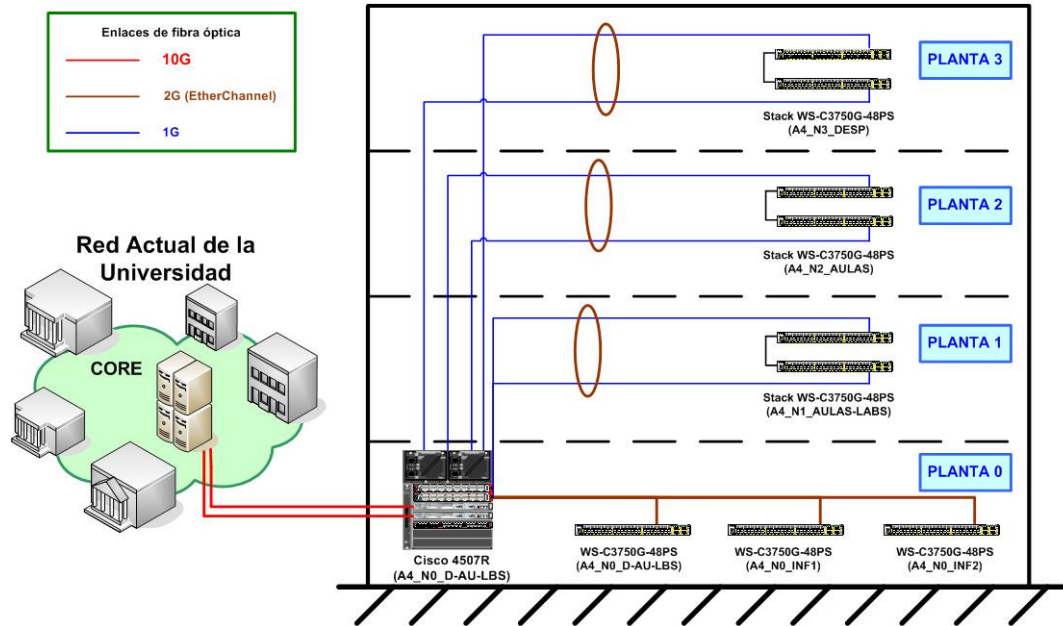
En el armario de distribución se ubicará el Cisco Catalyst 4507R, y su función será la de recoger el tráfico de los switches de acceso, los cuales estarán conectados a él mediante enlaces de fibra óptica a 1G. Esta conexión se realizará empleando EtherChannels del siguiente modo:

- En las pilas de switches de las plantas 1, 2 y 3 se establecerá un enlace de 1G desde cada uno de los switches de la pila, configurándolos como EtherChannels de 2G.
- Desde cada uno de los C3750G de la planta baja tendremos dos enlaces de 1G hacia la capa de distribución formando EtherChannel de 2G.

El equipo de distribución será el punto a través del cual el nuevo edificio se conecte al Core de la red ya existente en el Campus, a través de enlaces redundantes de fibra a velocidad de 10G. Los switches de acceso se instalarán en los armarios situados en las distintas plantas del edificio tal y como se describe en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*. La siguiente figura muestra la arquitectura física del nuevo edificio (entre paréntesis se indican los nombres de los Racks donde se instalarán los equipos):

²² Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCe].

Figura 6.10 **Arquitectura Física de la solución**

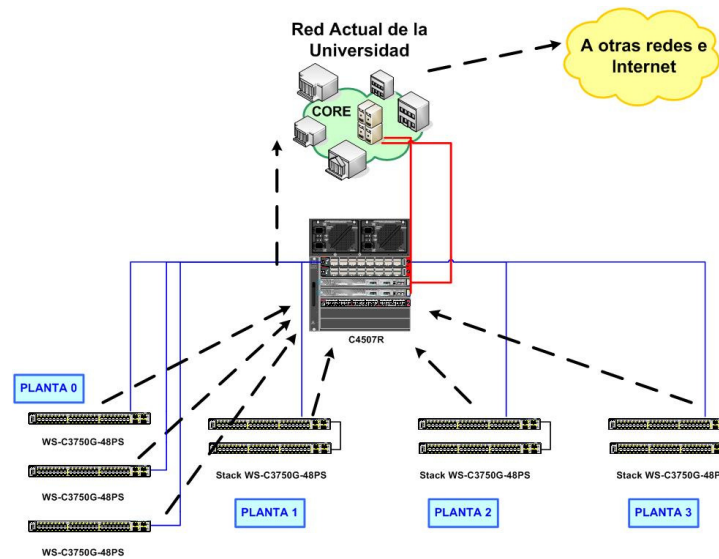


En cuanto a la arquitectura lógica, la red adopta una *Topología en Estrella*, con el Cisco Catalyst 4507R actuando como nodo de distribución. Éste recoge el tráfico de todos los usuarios a través de los switches de acceso para encaminarlo al Core de la red y viceversa. Los switches de acceso envían el tráfico en capa 2 al switch de distribución (*C4507R*) quien a su vez conmutará el tráfico hasta el Core en capa 3 a través de sus enlaces de fibra a 10G.

La conmutación en capa 3 hacia el Core (en vez de en capa 2) nos permite aplicar distintos protocolos que nos proporcionarán toda una serie de ventajas. Algunas de ellas son:

- QoS: Gestión de calidad de servicio.
- ACLs: Access Lists, que nos permiten gestionar el tráfico que discurre por nuestra red.
- Políticas de enrutamiento
- Reducción de los tiempos de convergencia.
- Prescindimos del uso del protocolo de spanning tree en los enlaces trunk.
- No se permite broadcast.

Figura 6.11 Arquitectura Lógica de la solución



Durante la ejecución del proyecto, mantendremos reuniones con el personal del departamento de comunicaciones de la Universidad para elaborar el direccionamiento lógico de la red, así como la creación de distintas VLANs que permitan una correcta gestión de los equipos.

Por último en la siguiente tabla mostramos el desglose del equipamiento ofertado para la electrónica del nuevo edificio:

Tabla 6.2 Resumen de equipamiento ofertado para la electrónica del nuevo edificio

Edificio Nuevo – Equipamiento de Electrónica de Red		Uds.
WS-C4507R-E	Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable	1
PWR-C45-4200ACV	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1
PWR-C45-4200ACV/2	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1
WS-X45-SUP6-E/2	Catalyst 45xxR E-Series Sup 6-E, 2x10GE(X2) w/ Twin Gig	2
X2-10GB-SR	10GBASE-SR X2 Module	2
WS-X4424-GB-RJ45	Catalyst 4500 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)	1
WS-X4418-GB	Catalyst 4500 GE Module, Server Switching 18-Ports (GBIC)	2
WS-G5484	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (Multimode)	12
WS-C3750G-48PS-S	Catalyst 3750 48 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	9
GLC-SX-MM	GE SFP, LC connector SX transceiver	12

6.4 Otros aspectos de la Oferta Técnica

Aparte de los detalles de la consultoría de la red actual del Campus y del diseño de la solución de infraestructura y electrónica de red para el nuevo edificio, en la oferta técnica se recogen otros aspectos como son la garantía y el mantenimiento que se deben

ofrecer, la planificación del proyecto, su coste estimado, etc., y que también debemos tener en cuenta.

Garantía y Mantenimiento

Para los elementos que componen la solución de cableado estructurado contamos con una garantía de 20 años del fabricante. En cuanto a la electrónica de red, la garantía que NESA ofrece para ellos es de tres años a partir de la fecha de recepción de los mismos.

En cuanto al mantenimiento, y cumpliendo con los requisitos expuestos en el pliego de la Universidad, se ofrece un servicio 8x5xNBD, que cuenta con:

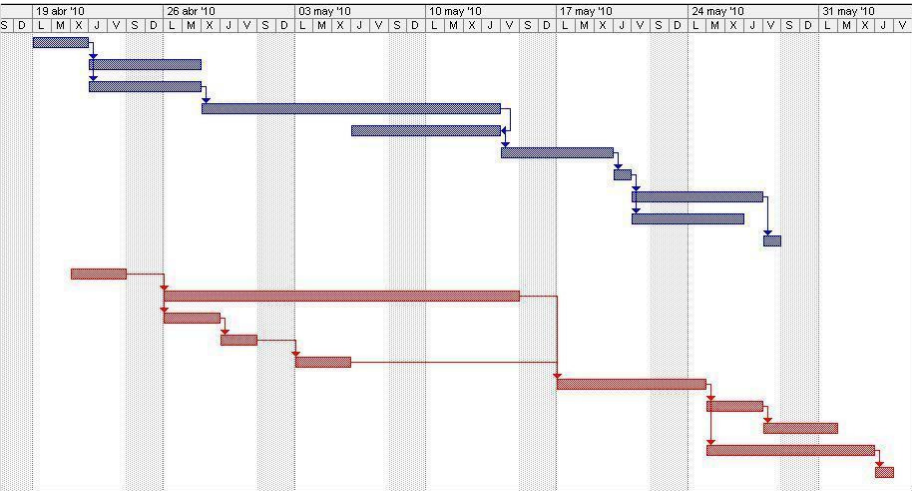
- **Tiempo de recepción de incidencias en horario de:** lunes a viernes de 8:00 a 18:00h.
- **Tiempo de respuesta:** 4 horas desde la recepción de la incidencia.
- **Tiempo de resolución:** NBD (Next Business Day).

En la propuesta se incluye la garantía por todas aquellas averías que puedan producirse derivadas de un uso normal de los equipos para un tiempo de utilización de 24 horas al día. Todas aquellas que se produzcan por motivos de causa mayor, así como por usos indebidos quedan excluidas (para más detalles consultar la Oferta Técnica).

Planificación y Equipo de trabajo

A continuación presentamos una planificación orientativa propuesta por NESA para acometer el proyecto. Las fechas propuestas, así como la duración de las tareas, pueden verse modificadas por el cliente o por circunstancias surgidas durante el desarrollo del proyecto.

Figura 6.12 Planificación del proyecto



	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1	Recogida de datos	3 días	lun 19/04/10
2	Revisión de los Rack de Comunicaciones	4 días	jue 22/04/10
3	Inventario de equipos de electrónica	4 días	jue 22/04/10
4	Ubicación y localización de los puestos de trabajo	12 días	mié 28/04/10
5	Certificación de los puestos de trabajo	6 días	jue 06/05/10
6	Revisión visual de deficiencia de cableado y canalizaciones	4 días	vie 14/05/10
7	Topología de interconexión eléctrica	1 día	jue 20/05/10
8	Documentación de los datos recogidos	5 días	vie 21/05/10
9	Diseño de mejoras y nueva arquitectura	4 días	vie 21/05/10
10	Presentación del documento final de auditoría y propuesta de mejora	1 día	vie 28/05/10

1	Recogida de datos	3 días	mié 21/04/10
2	Despliegue de cableado de red	15 días	lun 26/04/10
3	Instalación de armarios	3 días	lun 26/04/10
4	Montaje de equipos de electrónica	2 días	jue 29/04/10
5	Conexión de equipos	3 días	lun 03/05/10
6	Certificación de la instalación de cableado	6 días	lun 17/05/10
7	Configuración lógica del entorno	3 días	mar 25/05/10
8	Transferencia del conocimiento	2 días	vie 28/05/10
9	Pruebas de rendimiento	7 días	mar 25/05/10
10	Documentación del proceso	1 día	jue 03/06/10

Tal y como hemos comentado, la consultoría de la red actual de la Universidad (en azul en el Diagrama de Gantt) es una tarea independiente de la integración de la red del nuevo edificio (en rojo en el Diagrama de Gantt), por lo que ambas se realizarán de forma simultánea.

Equipo de Trabajo

Respecto al desempeño de las tareas que componen el proyecto, NESA aportará personal cualificado según la actividad. Este personal actuará bajo la responsabilidad de NESA, y será presentado a los responsables del departamento de Comunicaciones de la Universidad.

Para la *consultoría de electrónica* aportaremos un equipo de trabajo compuesto por los siguientes perfiles:

- 1 x Consultor de Redes.
- 1 x Técnicos de Redes.

En cuanto a la *consultoría de cableado*, el equipo de trabajo estará compuesto por los siguientes perfiles:

- 1 x Capataz.
- 2 x Técnicos de Cableado.

Para la *instalación de la infraestructura y red de comunicaciones en el nuevo edificio* de la Universidad, NESA pone a su disposición un equipo de trabajo compuesto por los siguientes perfiles:

- 1 x Capataz.
- 4 x Técnicos de Cableado.
- 2 x Técnicos de Redes.

Todo el personal anteriormente citado será dirigido en última instancia por un Jefe de Proyecto, proporcionado por NESA, y que será el encargado de supervisar el correcto desempeño de las tareas y funciones, el cumplimiento de los plazos, además de servir de nexo de unión entre el personal de NESA y los responsables de comunicaciones de la Universidad.

Estimación Económica

A continuación se ofrece un resumen de la oferta económica presentada por parte de NESA a la Universidad X para abordar tanto la auditoría de comunicaciones como el diseño y posterior implantación de la red del nuevo edificio:

Tabla 6.3 **Resumen de económico de la oferta técnica**

Concepto	Importe
Consultoría de Comunicaciones (mano de obra)	14.750 €
Diseño e Instalación Nuevo Edificio (mano de obra)	22.787 €
Equipamiento Nuevo Edificio	147.049 €
Total Oferta (I.V.A. 16% incluido)	214.120,51 €

En el anexo *Oferta Económica* puede encontrarse el desglose completo de la oferta con todas las tareas, equipos y su coste.

6.5 Conclusiones

Con los capítulos 5 y 6 comenzamos un nuevo bloque en el que a través de la exposición y desarrollo de un caso de estudio repasaremos las diferentes fases que tienen lugar en un proyecto relacionado con las redes telemáticas.

Partiendo de este último supuesto, y con el fin de servir de muestra del trabajo que desarrollo junto a técnicos y auditores en la empresa *Fujitsu Technologies*, planteamos un escenario en el que *Nuestra Empresa S.A.* corresponde con una *Oferta Técnica* al *Pliego de Prescripciones Técnicas* de nuestro cliente, la *Universidad X*. Dicha oferta recoge la solución y servicios ofertados. Ambos, pliego y oferta, componen la *Definición del Proyecto*.

Tal y como señalábamos en las conclusiones del capítulo anterior, el proyecto definido en el Pliego de Prescripciones Técnicas consta de dos tareas bien diferenciadas: diseño de la red para el nuevo edificio del Campus, y auditoría de la red ya existente.

Ante la primera de ellas, la construcción de un nuevo edificio en el Campus, la Universidad tiene la necesidad de dotarlo de una infraestructura y un equipamiento de comunicaciones que lo permitan conectarse a la red que ya posee la Universidad. La solución de NESA para llevar a cabo esta tarea ha sido expuesta en este capítulo.

Para la infraestructura nos basamos en las normas existentes para cableado estructurado de comunicaciones, mientras que para la electrónica empleamos un *Diseño*

Multicapa, que garantiza (siempre y cuando el diseño se realice de manera eficiente) unas buenas condiciones de disponibilidad, previsibilidad, modularidad y fiabilidad, aspectos todos ellos fundamentales cuando hablamos del diseño de redes.

Presentado el escenario sobre el que se lleva a cabo el proyecto de nuestro caso de estudio, nos encontramos en situación de comenzar con la segunda de las tareas que hemos mencionado, y que consiste en una auditoría de la red actual de la Universidad, la cual desarrollaremos ampliamente en el siguiente capítulo.

Capítulo 7

Auditoría de la red actual

7.1 Introducción

Una vez llegados a este punto, tenemos conocimiento del escenario en el que discurre el caso de estudio de este proyecto. Del mismo modo nos hemos presentado a nosotros mismos y a nuestros clientes. Cubierta la fase de *Definición del proyecto* con el *Pliego de Prescripciones Técnicas* y su correspondiente *Oferta Técnica*, contamos con todo lo necesario para comenzar la primera tarea de nuestro proyecto: la *Consultoría sobre la red actual* del Campus.

El objetivo que perseguimos con esta auditoría es comprobar el estado en el que se encuentran, tanto la infraestructura de cableado como los equipos de electrónica de red presentes en la Universidad, con el fin de evaluar el rendimiento que se está ofreciendo a los usuarios. Tras varias visitas a las instalaciones del cliente, se obtienen los datos necesarios para determinar el estado de la red. Dos equipos de trabajo distintos (uno para el sistema de cableado y otro para la electrónica de red) se encargaron de revisar entre otros aspectos:

- Estado de los Racks de comunicaciones.
- Realización de inventario de los equipos de electrónica instalados en los diversos Racks.
- Ubicación y localización de las distintos tomas de usuario.
- Certificación de las tomas de usuario y del cableado.
- Obtención de datos de la red mediante el empleo de distintas herramientas de análisis.

Una vez que hemos obtenidos estos datos, pasamos a realizar el informe que expondremos a lo largo de este capítulo en el que recogemos el estado actual de la red, con todas sus características. De todas ellas, focalizaremos nuestra atención en las deficiencias que presenta la actual instalación, para que una vez localizadas, podamos concluir qué mejoras se podrían aplicar a la actual red para ofrecer un servicio más eficiente.

Esto nos conducirá al propósito final de la auditoría, que no es otro que elaborar una propuesta de mejora de la red actual, mejorando así la calidad del servicio que se ofrece a los usuarios del Campus. Sin embargo, por exceder los propósitos del presente capítulo, será abordado en el siguiente. Ahora nos centraremos solamente en la auditoría.

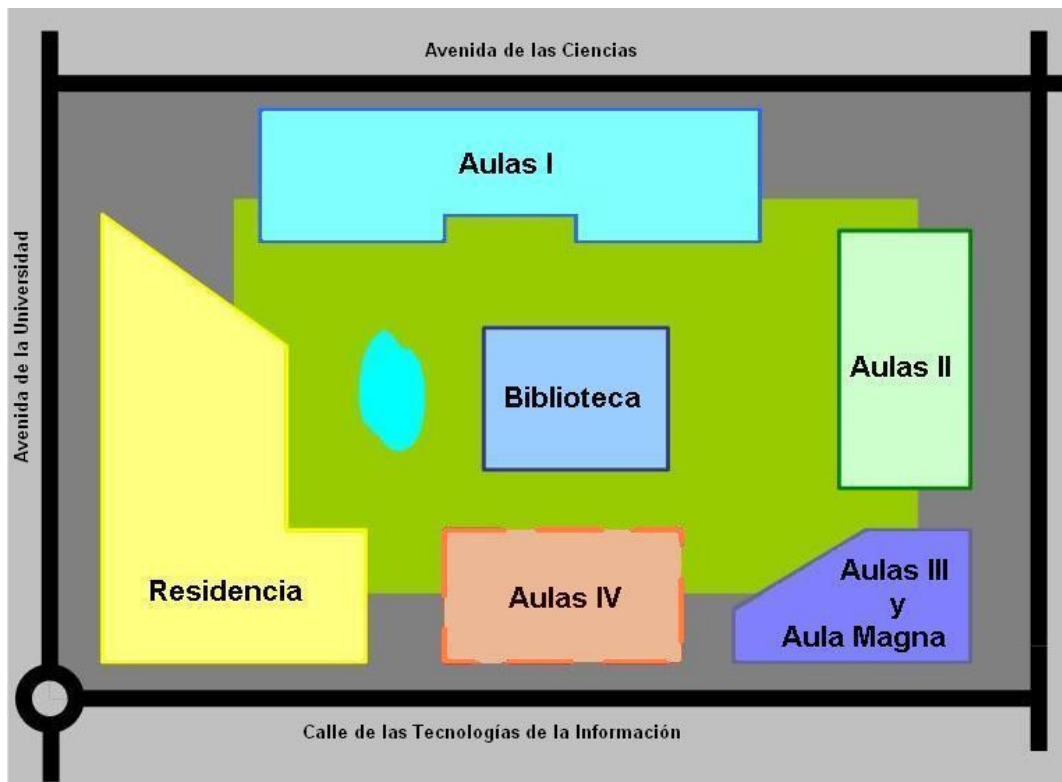
7.2 Sistema de cableado estructurado

A continuación recogemos la situación actual del sistema de cableado estructurado presente en el Campus de la Universidad. Repasaremos aspectos como la topología (tanto física como lógica), el estado del cableado (vertical y horizontal) o la situación en que se encuentran Racks y puestos de usuario.

Topología

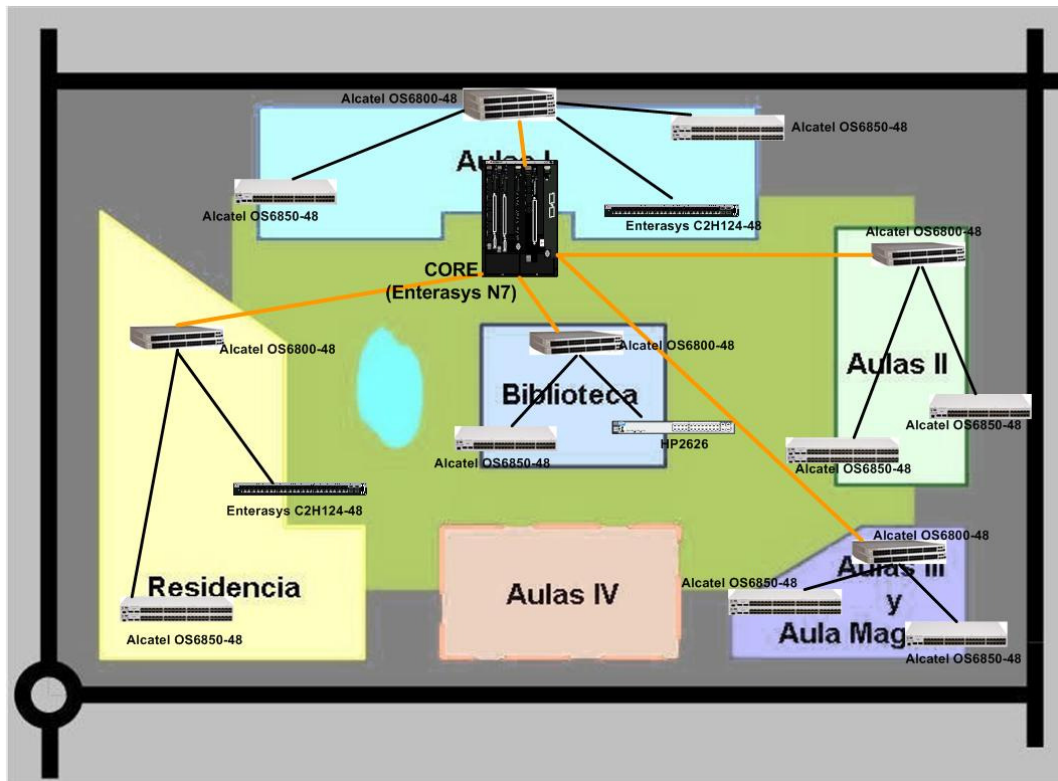
El Campus de la Universidad cuenta con cinco edificios: Edificio Aulas I, Edificio Aulas II, Edificio Aulas III (contiene el Aula Magna), Biblioteca y la Residencia de Estudiantes. Además se encuentra en fase de construcción el Edificio Aulas IV, que incrementará el número de aulas destinadas a los alumnos, así como de despachos del profesorado.

Figura 7.1 Campus de la Universidad X



Como se puede observar en la figura 6.2, la red adopta una topología lógica en *Estrella Distribuida*, en la que el Edificio Aulas I ejerce de nodo central de la red. En él se encuentra ubicado el *Core* del Campus, estando el resto de los edificios conectados a éste mediante equipos de *distribución*. Estos son los encargados de conectar los equipos de *acceso* repartidos por las distintas plantas de los edificios, y dar salida al tráfico generado por los usuarios a través del *Core*.

Figura 7.2 Topología en Estrella Distribuida con algunos de los equipos del Campus



Descripción de los edificios

En este punto vamos a presentar brevemente las características que presentan los distintos edificios del Campus en cuanto a número de tomas de usuario y número de Racks de comunicaciones, atendiendo a su distribución, y al servicio que prestan.

Edificio Aulas I

Es el edificio más antiguo del Campus, y es el que ejerce de edificio principal, tanto a nivel académico, como a nivel de topología física de red, pues en él se sitúa el *Core* de comunicaciones. Tiene cinco plantas, en cada una de las cuales tenemos los siguientes elementos de red:

- Planta Sótano (N-1): en ella tenemos una sala que hace las veces de CPD del Campus, donde se encuentran, además de los servidores, tres Racks de comunicaciones. Dos de ellos contienen el *Core* y los equipos que dan salida al exterior (y que detallaremos más adelante junto a la electrónica); el otro

unifica los equipos de *acceso* de la planta baja, y los de *distribución* que dan servicio a los switches distribuidos por el resto de plantas del edificio. Los equipos de *acceso* de esta planta dan servicio a cuatro aulas de laboratorios (cada una con cuatro rosetas, con dos conectores RJ45 cada una).

- 3 Racks (2 de *Core* y 1 de *distribución+acceso*) y 32 tomas de usuario (4 aulas de laboratorio).
- Planta Baja (N0): tenemos un primer Rack que da servicio a las 23 aulas que hay en esta planta y a la cafetería. La política seguida por la Universidad es de disponer en cada aula de enseñanza de dos rosetas, cada una de ellas con dos puntos de red RJ45. Existen en esta planta dos armarios más, situados cada uno de ellos en una de las dos salas de informática de esta planta para dar servicio a los puestos de usuario. Una de las salas cuenta con 30 puestos y la otra con 46.
 - 3 Racks (*acceso*) y 172 tomas de usuario (23 aulas enseñanza, cafetería y 2 salas de informática).
- Planta Primera (N1): para dar servicio a las 30 aulas hay dos Racks de comunicaciones.
 - 2 Racks (*acceso*) y 120 tomas de usuario (30 aulas de enseñanza).
- Planta Segunda (N2): en este nivel tenemos tanto aulas de enseñanza (15) como despachos de profesores (20). En los despachos de profesores, salvo en los casos de despachos múltiples, la política llevada a cabo por la Universidad es disponer de una roseta con dos tomas RJ45 por despacho. Contamos con un armario de comunicaciones para las aulas y otro para los despachos.
 - 2 Racks (*acceso*) y 100 tomas de usuario (15 aulas de enseñanza y 20 despachos individuales para profesores).
- Planta Tercera (N3): en esta planta únicamente hay despachos para profesores. La mayoría son individuales, y cinco de ellos son comunes. En estos últimos hay instaladas seis rosetas por despacho (cada una de ellas con dos tomas RJ45). Para abarcar sin problemas toda la planta se encuentran instalados dos armarios de electrónica de red.
 - 2 Racks (*acceso*) y 130 tomas de usuario (35 despachos individuales y 5 despachos comunes).

Edificio Aulas II

El segundo edificio del Campus en cuanto a servicio académico. Al igual que en *Aulas I*, este edificio cuenta con aulas de enseñanza, laboratorios, salas de informática y despachos del profesorado, estancias que cuentan todas ellas con puntos de acceso a la red. Además en este edificio se encuentra el servicio de administración de la

Universidad. Tiene cuatro plantas, en cada una de las cuales tenemos los siguientes elementos de red:

- Planta Baja (N0): es la que cuenta con mayor presencia de armarios del edificio. Contará con un primer Rack que hará las veces de armario de *distribución* del edificio, y que contendrá también el equipamiento de *acceso* que dará servicio a la administración del Campus. Habrá otros tres armarios: uno para las aulas de enseñanza (10), y otros dos para las dos salas de informática ubicadas en esta planta (un armario por cada sala). Las salas cuentan con 32 y 25 puestos cada una.
 - 4 Racks (*distribución* y *acceso*) y 137 tomas de usuario (10 aulas de enseñanza, 2 salas de informática y servicio de administración).
- Planta Primera (N1): aquí contamos con 14 aulas de enseñanza y dos aulas de laboratorios. Un único armario de comunicaciones da servicio a todos los puntos de la planta.
 - 1 Rack (*acceso*) y 72 tomas de usuario (14 aulas de enseñanza y 2 aulas de laboratorio).
- Planta Segunda (N2): dos armarios dan servicio a esta planta. Uno para las aulas de enseñanza (10) y otro para los despachos de profesores (12).
 - 2 Racks (*acceso*) y 64 tomas de usuario (10 aulas de enseñanza y 12 despachos individuales para profesores).
- Planta Tercera (N3): aquí únicamente hay despachos para profesores. La mayoría son individuales, y dos de ellos son comunes. Un único armario de comunicaciones da servicio a todos los puntos de la planta.
 - 1 Rack (*acceso*) y 74 tomas de usuario (25 despachos individuales y 2 despachos comunes).

Edificio Aulas III - Aula Magna

De los edificios actuales dedicados a enseñanza es el que cuenta con un menor número de aulas y despachos. Por otro lado, su planta baja alberga el Aula Magna de la Universidad, así como una cafetería. En cada una de sus tres plantas encontramos los siguientes elementos de red:

- Planta Baja (N0): en esta planta se encuentra el Aula Magna. Este aula cuenta con diez rosetas, cada una de ellas con dos tomas de red RJ45. Encontramos además la cafetería, que dispone igualmente de dos rosetas con dos puntos de red cada una. Todas las conexiones serán gestionadas por un único armario de *acceso*, el cual contendrá también los equipos de *distribución* del edificio.
 - 1 Rack (*Distribución* y *acceso*) y 24 tomas de usuario (Aula Magna y cafetería).

- Planta Primera (N1): en ésta tenemos 15 aulas de enseñanza, gestionadas todas ellas con un único armario de comunicaciones.
 - 1 Rack (*acceso*) y 60 tomas de usuario (15 aulas de enseñanza).
- Planta Segunda (N2): dos armarios prestan servicio en esta planta. Uno para las aulas de enseñanza (8) y otro para los despachos de profesores (15).
 - 2 Racks (*acceso*) y 62 tomas de usuario (8 aulas de enseñanza y 15 despachos individuales para profesores).

Biblioteca

La biblioteca del Campus cuenta con cuatro plantas, dos de las cuales son amplias salas de lectura diáfanas. El sótano cuenta con una sala de informática, y con distintas salas de trabajo para los estudiantes. La planta superior dispone de una pequeña sala de lectura, junto a la que se ubican las oficinas de la propia biblioteca. Los elementos de red se distribuyen de la siguiente manera:

- Planta Sótano (N-1): en ella encontramos una sala de informática con 32 equipos, y cinco salas de trabajo para los estudiantes. Estas salas disponen todas ellas de conexión a la red por medio de una roseta en cada sala (con dos tomas de red RJ45). Para dar servicio a todos los puntos hay instalados dos Racks de comunicaciones. Uno de ellos (el de las salas de trabajo) contiene también el equipamiento de *Distribución*.
 - 2 Racks (*distribución y acceso*) y 42 tomas de usuario (5 salas de trabajo y sala de informática).
- Planta Baja (N0): ocupada en su totalidad por una sala de lectura diáfana que cuenta con 8 rosetas distribuidas a lo largo del perímetro de la sala y que dan acceso a la red a los usuarios mediante dos tomas RJ45 cada una. Esta planta cuenta además con un vestíbulo de entrada donde se ubica el mostrador de atención, que también cuenta con tres rosetas para dar servicio al personal de administración de la biblioteca. Todos los puntos son gestionados con un único armario de comunicaciones.
 - 1 Rack (*acceso*) y 22 tomas de usuario (sala de lectura y mostrador del vestíbulo).
- Planta Primera (N1): ésta es idéntica a la planta baja con la única diferencia de que su vestíbulo es mucho menor, y sólo dispone de dos rosetas para el mostrador de la entrada. Igualmente se gestiona con un único Rack.
 - 1 Rack (*acceso*) y 20 tomas de usuario (sala de lectura y mostrador del vestíbulo).
- Planta Segunda (N2): en esta planta encontramos una pequeña sala de lectura, que al igual que las anteriores, dispone de puntos de acceso a la red. En este caso son cinco las rosetas instaladas. Tenemos además un pequeño

mostrador a la entrada con una roseta, y las oficinas de la biblioteca. En ellas hay instaladas seis rosetas con dos tomas de red RJ45 cada una. Aún así no son muchos los puntos de red de esta planta por lo que hay sólo un armario prestando servicio.

- 1 Rack (*acceso*) y 24 tomas de usuario (sala de lectura, mostrador y oficinas).

Residencia de estudiantes

La Universidad cuenta con una Residencia para los estudiantes dentro del mismo Campus. Este edificio cuenta con cuatro plantas, tres de ellas dedicadas exclusivamente a dormitorios de estudiantes. La planta baja cuenta con dos salas de recreo, el comedor y un gimnasio. La distribución de los elementos de red es la siguiente:

- Planta Baja (N0): a pesar de contar con diversas estancias, esta planta no tiene demasiados puntos de red (los estudiantes cuentan con acceso en sus dormitorios), por lo que la gestión se realiza mediante un único Rack que contiene además el equipamiento de *Distribución*. Desde este armario se da servicio al comedor (que cuenta con dos rosetas para conectar los ordenadores de caja a la red), al gimnasio (una roseta), al vestíbulo (dos rosetas para los equipos del mostrador de información) y a las dos salas de recreo, una mayor que la otra (la mayor cuenta con seis rosetas, por las tres de la pequeña). Todas las rosetas mencionadas están compuestas por dos tomas de red RJ45.
 - 1 Rack (*distribución y acceso*) y 28 tomas de usuario (2 salas de recreo, comedor, gimnasio y mostrador del vestíbulo).
- Plantas Primera (N1), Segunda (N2) y Tercera (N3): las tres plantas destinadas a dormitorios de estudiantes tienen una estructura similar. Cuentan con 40 habitaciones cada una, con una roseta por dormitorio. Cada roseta dispone de dos tomas RJ45. En cada planta hay instalado un armario de comunicaciones para dar servicio a los puntos de red de las habitaciones.
 - 3 Racks (*acceso*) y 240 tomas de usuario (40 habitaciones en cada planta).

En el siguiente cuadro se resumen los Racks de comunicaciones y tomas de usuario de que dispone actualmente el Campus:

Tabla 7.1 Resumen de Racks y tomas de usuario de la red del Campus

Racks y Tomas de usuario actualmente en Universidad X		
Edificio	Racks	Tomas de usuario
Aulas I	12	554
Aulas II	8	347
Aulas III – Aula Magna	4	146
Biblioteca	5	108
Residencia Estudiantes	4	268
Total Campus	33	1423

Enlaces Campus, Verticales y cableado Horizontal

Los enlaces de *Campus* unen el *Core* de comunicaciones con los distintos switches de *Distribución* ubicados en los edificios del Campus. En todos los casos la Universidad cuenta para esta función con enlaces de FO²³, utilizando una conexión *uplink* de fibra desde cada uno de los switches de *Distribución* contra un módulo 7G4270-12 instalado en el switch de *Core*, con las conexiones como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7.2 Conexiones de fibra del switch de Core contra los armarios de distribución

Puerto del Core	Rack de Distribución	Edificio
G1/1	A1_N-1_D	Aulas I
G1/2	A2_N0_D	Aulas II
G1/3	R_N0_D	Residencia Estudiantes
G1/4	A3_N0_D	Aulas III – Aula Magna
G1/5	B_N-1_D	Biblioteca
G1/6 – G1/12	libres	

Además de los enlaces arriba mencionados, existen también enlaces Verticales (*Bakbone*) de FO a velocidad de 1Gb para interconectar los equipos de *Distribución* con los distintos equipos de *acceso* distribuidos por las plantas de los edificios.

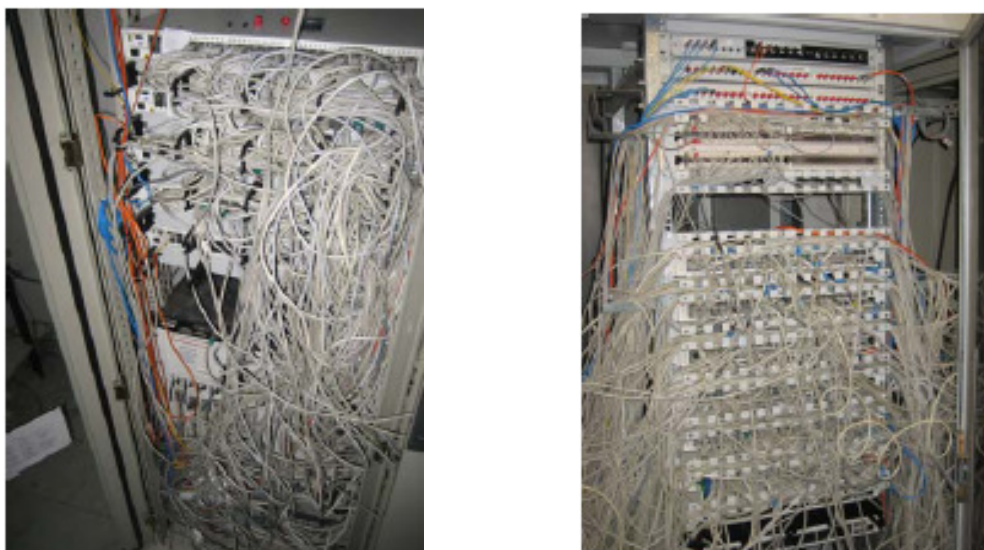
Respecto al cableado *Horizontal*, los equipos de *acceso* están conectados con las tomas de usuario (dos por roseta) repartidas por las plantas de los edificios mediante enlaces de cobre. Encontramos un cableado heterogéneo de tipo UTP, de categorías Cat. 5, Cat. 5e y Cat. 6. Los enlaces que unen el switch del *Core* con la electrónica que proporciona salida al exterior son también enlaces de cobre de tipo UTP.

Una vez examinado todo el sistema de cableado estructurado podemos afirmar que su estado es similar en todos los edificios del Campus, presentando una serie de deficiencias que sería conveniente tratar, y que mostramos a continuación:

²³ Fibra Óptica

- Desorden del cableado: en muchos armarios de comunicaciones faltan pasahilos y guías para organizar los latiguillos. En otros casos, a pesar de contar con ellos, no se utilizan. Todo esto da una imagen de caos, además de dificultar el acceso a los equipos en caso de intervención.
- Falta de identificación: en muchos de los armarios los latiguillos carecen de etiqueta que nos permita identificar qué equipos interconecta. Esto repercute, al igual que el desorden, en la labor de los técnicos que atienden incidencias sobre los equipos, pues se ven obligados a invertir tiempo en localizar los extremos de los cables.
- Falta de documentación: apenas un par de armarios cuentan con documentación acerca de los equipos instalados, las conexiones, intervenciones y cambios realizados, etc.

Figura 7.3 Ejemplos de desorden y falta de identificación en los Racks del Campus



- Deterioro de los armarios: algunos de los armarios se encuentran en muy mal estado, pues aparte de suciedad, se encuentran cables desconectados, restos de trabajos de cableado anteriores, equipos obsoletos aún conectados ocupando espacio sin prestar servicio, etc.
- Mínima seguridad: encontramos armarios sin puertas, o instalados en salas comunes. Esto supone un riesgo elevado, pues personal ajeno a la administración de la red de la Universidad puede acceder con facilidad a los equipos y manipularlos o sustraerlos, con lo que esto conlleva.

Tras presentar las características de los edificios que componen el Campus, así como la distribución y estado de Racks, cableado y tomas de usuario, concluimos que existen algunas deficiencias que, por un lado, pueden estar provocando la degradación de la calidad del servicio que la red ofrece a los usuarios (caídas en la conexión, reducción del ancho de banda, etc.), y por otro, dificultan en muchos casos el

mantenimiento y la resolución de las incidencias asociadas al cableado estructurado. Deberemos tener en cuenta estos aspectos a la hora de elaborar nuestra propuesta de mejora de la red.

7.3 *Electrónica de Red*

En este apartado se describe el estado actual de la electrónica de red de la Universidad. Como ya hemos introducido al hablar del cableado estructurado, la red del Campus cuenta con tres niveles lógicos, lo que se traduce en tres grupos distintos de equipamiento: *Core*, *Distribución* y *Acceso*.

El *Core* de la red está situado en el Edificio Aulas I, ejerciendo de nodo central de la red (ya comentamos que la red tiene una topología en *Estrella Distribuida*), centralizando además la salida del tráfico de la red hacia el exterior. Este aspecto será tratado en profundidad en la primera parte de este apartado. El resto de edificios (incluido Aulas I) cuentan únicamente con equipamiento de *Distribución*, y de *Acceso*.

En la segunda parte de este apartado mostraremos a través de un inventario de los equipos que forman la red del Campus uno de los aspectos más importantes detectados durante la auditoría: la heterogeneidad en el equipamiento. Tal y como nos ha puesto en conocimiento el personal del área de comunicaciones de la Universidad, los equipos actualmente instalados han sido adquiridos a lo largo de los años bajo distintos proyectos, lo que hace que tengamos una electrónica compuesta por distintos fabricantes. Como analizaremos más adelante, esto conlleva problemas de compatibilidad, que pueden afectar al rendimiento de la red.

En último lugar y para terminar con este apartado presentaremos las principales características técnicas del equipamiento auditado. Para más detalle acerca de este equipamiento pueden consultarse las hojas de características en los enlaces detallados en *Referencias*.

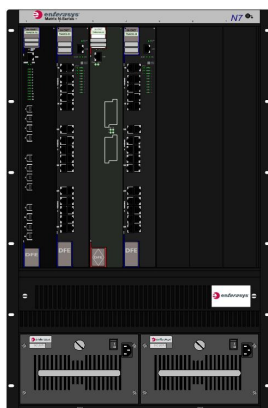
Core de comunicaciones y Salida al exterior

El *Core* de la red de la Universidad está compuesto por dos Racks, en los que se alojan los equipos que dan salida al exterior a la red del Campus (Rack A1_N-1_CORE2), y un equipo Enterasys que ejerce de nodo central de la red interna (Rack A1_N-1_CORE).

El switch Enterasys es un modelo Matrix N7²⁴, equipado con diversos módulos que lo dotan de toda una variedad de puertos Ethernet a velocidades 10/100/1000 Mbps y 10Gbps.

²⁴ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCi].

Figura 7.4 **Enterasys N7**



Además de contar con redundancia en la alimentación al tener doble fuente, en el chasis hay montadas las siguientes tarjetas²⁵:

- **1 x 7G4270-12:** tarjeta de 12 puertos 1000Base-X para mini-GBIC.
- **2 x 7G4202-30:** tarjeta de 30 puertos 10/100/1000 en cobre.
- **1 x 7K4290-02:** tarjeta con 2 puertos 10-Gbps Ethernet. Precisa de 10Gbps PHYs (Physical Interfaces).

Como ya hemos mencionado, el switch de *Core* se encarga de recibir mediante conexiones *uplink* de fibra contra su módulo 7G4270-12 el tráfico proveniente desde cada uno de los switches de *Distribución* de los edificios. Este flujo de tráfico se comporta de la siguiente manera: los switches de acceso situados en las plantas envían el tráfico en capa 2 directamente al switch N7, debido a que este es el ROOT del protocolo spanning tree que está corriendo en la red. Éste a su vez, abre el tráfico en capa 3, ya que el VRRP²⁶ ACTIVO se sitúa en el switch N7. Una vez que el equipo ha desencapsulado el tráfico, éste comprueba mediante su tabla de rutas el *campo de destino* (capa 3), y realiza el envío en función de él.

En cuanto a la salida de la red hacia el exterior, ésta se realiza a través del puerto 2/3 (módulo 7G4202-30) del switch N7 contra el puerto 0 del Firewall-Proxy Panda GateDefender del Rack A1_N-1_CORE2. Este equipo lo envía por su puerto 1 contra el puerto 1 del Cisco 11500, cuya función es aumentar el *throughput*²⁷ de las conexiones. Dicho aumento lo consigue balanceando entre la salida de los equipos conectados directamente a él: dos proxies BlueCoat y dos firewall Juniper. El equipo Cisco CSS11503 funciona del siguiente modo: a través de sus puertos 7 y 8 envía tráfico a los proxies BlueCoat, modelo ProxySG 510Series, los cuales se encargan de cachear y concentrar la salida a Internet, y devolver el tráfico al balanceador para que éste lo saque por sus puertos 3 y 4 hacia los firewall Juniper ISG1000.

²⁵ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCj].

²⁶ VRRP: *Virtual Router Redundancy Protocol*. Protocolo de redundancia no propietario definido en el RFC 3768. Su objetivo es aumentar la disponibilidad de la puerta de enlace por defecto dando servicio a máquinas en la misma subred.

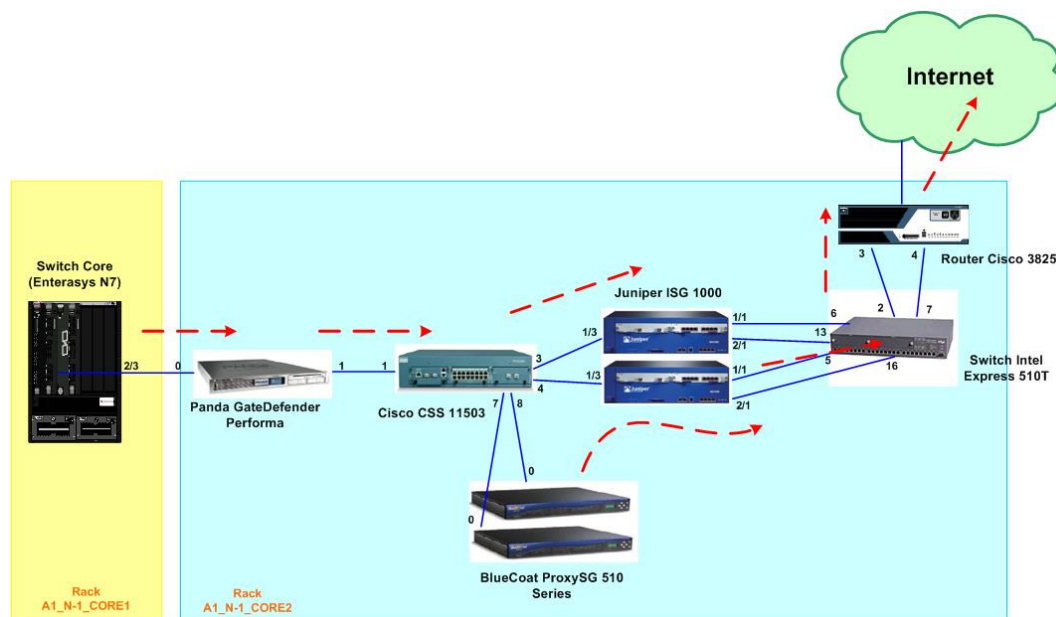
²⁷ Volumen de información que fluye a través de un sistema.

El último paso en la salida a Internet es un switch Intel modelo Express 510T. Este equipo interconecta de modo redundante (dos enlaces por cada firewall) los dos Juniper, para que éstos pertenezcan a la misma VLAN y tengan visibilidad entre ellos. La salida a Internet se realiza a través de un router Cisco 3825 conectado al Intel mediante doble enlace (redundancia). Como veremos más adelante la presencia de este switch supone un grave error de diseño pues concentra todas las conexiones sin proporcionar redundancia.

De modo lógico, la salida al exterior sigue el siguiente camino: los paquetes que entran al switch N7 con destino la default-gateway, servidores, Proxy, DMZ, etc. son conmutados en capa 2 y enviados al Panda GateDefender. Este equipo realiza una comprobación de los mismos de forma transparente para el usuario final, y una vez finalizada este chequeo, los envía contra el balanceador Cisco.

El balanceador evalúa el tráfico: si éste es con dirección a los proxies, le da salida a través de sus dos conexiones contra los BlueCoat. Los proxies, chequean el tráfico y, si es necesario, realizarán conexiones a Internet de nuevo a través de su conexión con el balanceador, para desde éste, ir hacia la salida a Internet a través de los Firewall Juniper, conexión también balanceada.

Figura 7.5 Diagrama de la salida al exterior de la red del Campus



El balanceador, al recibir tráfico con destino la default-gateway lo enviará contra los dos Firewall. Estos equipos inspeccionarán el tráfico y darán salida a Internet a través del switch N7.

Todo el tráfico de la red de usuarios es llevado sobre la VLAN 1, que es la VLAN de usuarios, con dirección 10.6.216.0/22²⁸. El direccionamiento de gestión de los

²⁸ A lo largo de este capítulo se utiliza direccionamiento privado para representar las direcciones públicas utilizadas en la realidad por los clientes en los que se basa el proyecto.

equipos de electrónica de red se envía sobre la VLAN100, con dirección 192.168.4.0/24.

Como último apunte cabe mencionar que la DMZ, que contiene los servidores Web de la Universidad y los DNS, se encuentran conectada al switch Intel, perteneciendo a la misma VLAN que los Firewall Juniper. De este modo cualquier tráfico no autorizado que intente traspasar la DMZ es cortado por los Juniper, salvaguardando así a la red interna del Campus.

Inventario de equipos de electrónica

A continuación mostramos un desglose del equipamiento encontrado en la red del Campus:

Tabla 7.3 Electrónica de red instalada en el edificio Aulas I

Planta	Rack	Electrónica
Planta Sótano (N-1)	A1_N-1_CORE1	<p>Un switch Entesarys 7C107 Matrix N7 Chasis con:</p> <p>1 x 7G4270-12: Platinum DFE, (12) 1000Base-X mini-GBIC Slots</p> <p>2 x 7G4202-30: 30 PORT 10/100/1000 MODULE</p> <p>1 x 7K4290-02: DFE-Platinum module with 2 10-Gbps Ethernet port spots</p>
	A1_N-1_CORE2	<p>Equipos de salida al exterior:</p> <p>1 x Firewall-Proxy Panda GateDefender</p> <p>1 x Balanceador Cisco CSS11503, con módulo 8 puertos Ethernet (CSS5-IOM-8FE)</p> <p>2 x BlueCoat ProxySG 510Series</p> <p>2 x Firewall Juniper ISG1000 con módulo 8 puertos Ethernet NS-ISG-FE8</p> <p>1 x Switch Intel Express 510T</p> <p>1 x Router Cisco 3825</p>

	A1_N-1_D-LABS	<p>Distribución: 3 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con:</p> <p>4 x SFP/1000Base-T Combo</p> <p>Acceso: un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
Planta Baja (N0)	A1_N0_AULAS	<p>Tres switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
	A1_N0_INF1	<p>Un switch Enterasys C2H124-48, equipado con:</p> <p>1 x MGBIC-LC01</p>
	A1_N0_INF2	<p>Un switch Enterasys C2H124-48, equipado con:</p> <p>1 x MGBIC-LC01</p>
Planta Primera (N1)	A1_N1_AULAS1	<p>Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
	A1_N1_AULAS2	<p>Tres switches Alcatel OS6850-24, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
Planta Segunda (N2)	A1_N2_AULAS	<p>Tres switches Alcatel OS6850-24, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
	A1_N2_DESP	<p>Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
Planta Tercera (N3)	A1_N3_DESP1	<p>Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
	A1_N3_DESP2	<p>Tres switches Alcatel OS6850-24, en stack, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>

Tabla 7.4 Electrónica de red instalada en el edificio Aulas II

Planta	Rack	Electrónica
Planta Baja (N0)	A2_N0_D-ADMON	Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con: 4 x SFP/1000Base-T Combo Acceso: un switch Alcatel OS6850-24, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX
	A2_N0_AULAS	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX
	A2_N0_INF1	Un switch Enterasys C2H124-48, equipado con: 1 x MGBIC-LC01
	A2_N0_INF2	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX
Planta Primera (N1)	A2_N1_AULAS-LABS	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX
Planta Segunda (N2)	A2_N2_AULAS	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX
	A2_N2_DESP	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX
Planta Tercera (N3)	A2_N3_DESP	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX

Tabla 7.5 Electrónica de red instalada en el edificio Aulas III

Planta	Rack	Electrónica
Planta Baja (N0)	A3_N0_D-MAGNA	<p>Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con:</p> <p>4 x SFP/1000Base-T Combo</p> <p>Acceso: dos switches Alcatel OS6850-24 apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
Planta Primera (N1)	A3_N1_AULAS	<p>Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
Planta Segunda (N2)	A3_N2_AULAS	<p>Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
	A3_N2_DESP	<p>Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>

Tabla 7.6 Electrónica de red instalada en la Biblioteca

Planta	Rack	Electrónica
Planta Sótano (N-1)	B_N-1_D-ST	<p>Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con:</p> <p>4 x SFP/1000Base-T Combo</p> <p>Acceso: un switch Alcatel OS6850-24 equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>
	B_N-1_INF	<p>Un switch HP ProCurve 2650 (J8165A) equipado con:</p> <p>1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)</p>
Planta Baja (N0)	B_N0_SL	<p>Un switch HP ProCurve 2626 (J4900C) equipado con:</p>

		1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)
Planta Primera (N1)	B_N1_SL	Un switch HP ProCurve 2626 (J4900C) equipado con: 1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)
Planta Segunda (N2)	B_N2_SL-OF	Un switch HP ProCurve 2626 (J4900C) equipado con: 1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)

Tabla 7.7 Electrónica de red instalada en la Residencia

Planta	Rack	Electrónica
Planta Baja (N0)	R_N0_D-SERV	Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con: 4 x SFP/1000Base-T Combo Acceso: un switch Enterasys C2H124-48, equipado con: 1 x MGBIC-LC01
Planta Primera (N1)	R_N1	Dos switches Enterasys C2H124-48 apilados, uno de ellos equipado con: 1 x MGBIC-LC01
Planta Segunda (N2)	R_N2	Dos switches Enterasys C2H124-48 apilados, uno de ellos equipado con: 1 x MGBIC-LC01
Planta Tercera (N3)	R_N3	Dos switches Enterasys C2H124-48 apilados, uno de ellos equipado con: 1 x MGBIC-LC01

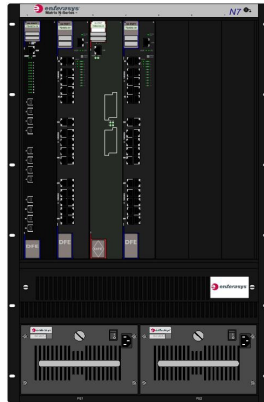
Resumen de características del equipamiento auditado

Capa de Core

Enterasys N-Series

La familia Matrix N-Series son un conjunto de chasis y módulos de conmutación que ofrecen los más altos rendimientos y funcionalidades requeridos en los equipos centrales de una red de Área Local.

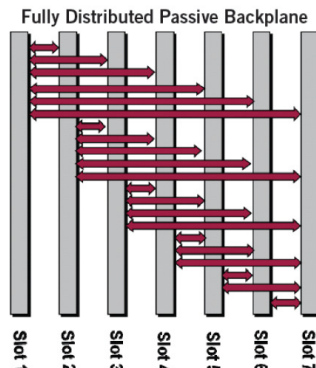
Figura 7.6 Ejemplo de Enterasys N7



Proporcionan una arquitectura completamente distribuida, distinta a la arquitectura más común que hay ahora en el mercado. No es necesaria una tarjeta supervisora. Todos los slots se pueden usar para dar conectividad y se pueden cambiar las tarjetas en caliente.

La familia se compone de Chasis totalmente Redundantes de 1, 3, 5, 7 slots. El Backplane del chasis es totalmente pasivo y mallado. Todas las tarjetas pueden hablar entre sí. Cada tarjeta tiene un camino independiente con el resto de tarjetas. Añadir tarjetas añade rendimiento al equipo. Veamos un gráfico de los caminos que poseen cada tarjeta para comunicarse entre ellos:

Figura 7.7 Conexiones del Backplane en la serie N de Enterasys (tomada de [hoCi])




El Control de los flujos de tráfico es a velocidad hardware.

Todos los chasis del modelo N soportan la inclusión de módulos PoE. Al ser *Distributed Forwarding Engine* pueden ser instalados en cualquier chasis y su diseño innovador reduce drásticamente el coste de adquisición del nuevo material ya que tiene el ahorro de la supervisora, módulos de router o módulos de gestión. La serie N permite la nueva generación de puertos a velocidades 10G.

Sus principales características son:

- Es el único switch en la industria en proveer Autenticación Multi-Usuario para equipos o usuarios compartiendo un enlace físico o lógico.
- Posee un Rendimiento y Ancho de banda escalable.
- Incluye el diseño de ASIC Enterasys' nTera™ . Ofrece funciones avanzadas de Switching, Routing, y Gestión totalmente integradas.
- Funcionalidades de Clasificación/QoS de paquetes en varias capas basado en usuario.
- Gestión por línea de comandos y SNMP.

Tabla 7.8 Características de la serie N de Enterasys (tomada de [hoCi])



	N1	N3	N5	N7
DFE Module Slots	1	3	5	7
Switching Throughput	13.5 Mpps	40.5 Mpps	67.5 Mpps	94.5 Mpps
Total Backplane Capacity	80 Gbps	240 Gbps	800 Gbps	1.68 Tbps
10/100 ports per system	72	216	360	504
100 Base-FX ports per system	54	162	270	378
10/100/1000 ports per system	72	216	360	504
10/100/1000 PoE ports per system	48	144	360	336
1000 Base-X ports per system	24	72	120	168
10 Gigabit ports per system	4	12	20	28

- Alto Rendimiento, Capacidad, y Densidad, 13.5 Mpps/18 Gbps por DFE.
- Amplia selección de interfaces Ethernet, 10/100Base-TX, 1000Base-X, 10/100/1000Base-TX, 100Base-FX y 10GigE.

- Soporte Power over Ethernet, 10/100 y 10/100/1000 Base-TX con 802.3af PoE.

Se describen a continuación los distintos módulos de cobre y fibra que implementaba el chasis N7 auditado.

Enterasys Matrix DFE-Platinum Series

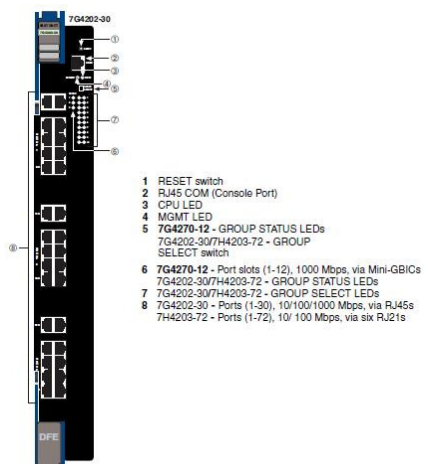
La serie Platinum Distributed Forwarding Engine (DFE) supone una nueva generación de módulos para las series N y E7 de switches Enterasys. Estos módulos DFE ofrecen un gran rendimiento y flexibilidad asegurando switching, routing, calidad de servicio (QoS), seguridad y control de tráfico.

DFE - 7G4202-30

Algunas de las características que aportan son:

- Gran rendimiento y capacidad para soportar un mayor número de aplicaciones con gran demanda de ancho de banda.
- Conectividad 10/100/1000 Base-TX y 10 Gigabit Ethernet.

Figura 7.8 Módulo DFE-7G4202-30 de Enterasys (tomada de [hoCj])



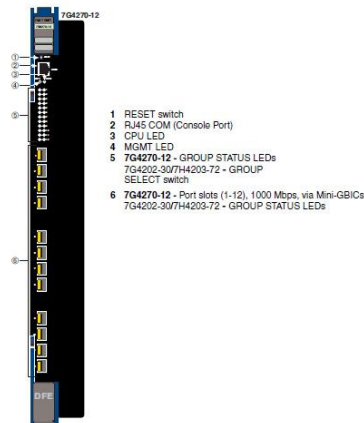
- Diseño con Servicios Integrados que reduce el número y tipo de módulos requeridos, simplificando el diseño de red y reduciendo el coste.
- Políticas basadas en puerto y usuario, así como Clasificación Multicapa de Paquetes que proporciona un control granular y seguridad en aplicaciones de negocio críticas.

DFE - 7G4270-12

El módulo DFE 7G4270-12 tiene 12 puertos 1000BASE-X. Estos puertos son de tipo Small Form-Factor Pluggable (SFP) ubicados en el panel frontal proporcionando

enlaces Gigabit de fibra a través de Mini-Gigabit Interface Cards (Mini-GBICs). El módulo DFE 7G4270-12 puede instalarse en un Matrix E7, Matrix N7, Matrix N5, Matrix N3 o Matrix N1, pero sólo soporta interconexiones FTM2 data backplane en un chasis Matrix E7.

Figura 7.9 Módulo DFE-7G4270-12 de Enterasys (tomada de [hoCj])



Enterasys Pluggable Transceivers (MGBIC-LC01)

Los adaptadores Enterasys²⁹ proporcionan velocidad y flexibilidad a los productos y plataformas de comunicación Enterasys. Todos los adaptadores son de la mayor calidad y ofrecen altas prestaciones. Del mismo modo cumplen los estándares del mercado.

Figura 7.10 Transceivers de Enterasys (tomada de [hoCk])



Los adaptadores Enterasys proporcionan opciones de conectividad para Ethernet tanto sobre cable de cobre como sobre fibra óptica, desde velocidades de 100Mbps a 10Gbps. Con pares de cobre podremos cubrir distancias de enlace de hasta 100 metros, llegando a alcanzar enlaces de 110 Km con fibra óptica.

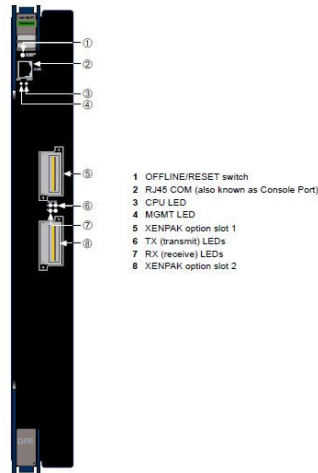
DFE - 7K4290-02

El módulo DFE 7K4290-02 es una tarjeta de red para switching con dos puertos 10Gbps Ethernet en el frontal del panel, a través de 10Gbps PHYs (Physical Interfaces). Mediante el uso de dos puertos 10Gbps PHYs instalados en el 7K4290-02, dotamos a un Core data center de un uplink compartido a 10Gbps en un switch Matrix E7, Matrix

²⁹ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCk].

N7 o Matrix N3. Sólo soporta interconexiones FTM2 data backplane en un chasis Matrix E7.

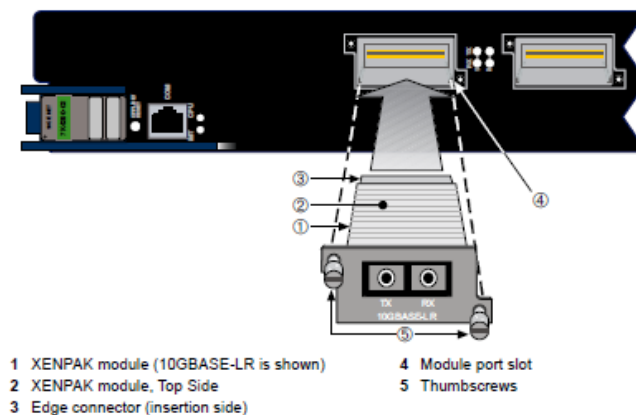
Figura 7.11 Módulo DFE-7K4290-02 de Enterasys (tomada de [hoCj])



Enterasys 10GBASE XENPAK PHY (10GBASE-LR)

Los adaptadores Enterasys proporcionan velocidad y flexibilidad a los productos y plataformas de comunicación Enterasys. Todos los adaptadores son de la mayor calidad y ofrecen altas prestaciones. Del mismo modo cumplen los estándares del mercado.

Figura 7.12 Ejemplo de XENPAK de Enterasys (tomada de [hoCI])



Los adaptadores LAN XENPAK PHY³⁰ (Physical Interfaces) proporcionan una conexión Ethernet de alta velocidad. Estas interfaces proporcionan a los administradores de red la posibilidad de usar tecnologías de 10-Gigabit Ethernet y dotar a sus switches de altas velocidades en sus conexiones locales de backbone.

³⁰ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCI].

Capa de Distribución

Alcatel OmniSwitch 6800 Family (OS6800-48)

Los switches OmniSwitch 6800³¹ una familia de switches Ethernet avanzados, apilables, de configuración fija y triple velocidad (10/100/1000). Proporcionan un amplio rango de funciones y servicios de conmutación en capa 2 y routing en capa 3.

Figura 7.13 Serie Alcatel OmniSwitch 6800 (tomada de [hoCm])



Los equipos OS6800 incrementan el rendimiento de la red, mejoran los tiempos de respuesta de las aplicaciones, aseguran las LAN y mejoran la productividad del usuario maximizando la capacidad de la red y los servicios sobre categorías 5/5e/6 de cable.

Con capacidad de triple velocidad, puertos combo³² incorporados (10/100/1000 y cuatro mini-GBIC) y soporte opcional para fibra, con cos puertos que soportan módulos 10 Gigabit Ethernet, tanto la pequeña como la gran empresa pueden ahora proteger sus intereses a la vez que aseguran crecimiento en un futuro.

Las características principales de los OmniSwitch 6800-48 son las siguientes:

- 48 puertos 10/100/1000 RJ45 para cobre.
- 4 puertos combo y un slot que soporta un módulo de 2 puertos 10GigE.
- Advanced QoS.
- Posibilidad de utilizar un módulo externo de alimentación que proporciona redundancia y PoE.
- Altura de una U (1-RU).

Alcatel 10 Gigabit XFP (10G-XFP-LR)

Adaptador óptico 10 Gigabit Ethernet³³. Soporta fibra monomodo en longitud de onda de 1310nm con un conector SC. Proporciona enlaces de hasta 10km.

³¹ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCm].

³² Puertos que pueden configurarse mediante adaptadores, para ser utilizados bien como puertos de cobre, o bien como puertos de fibra (nunca ambos a la vez).

³³ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCn].

Figura 7.14 XFP 10 Gigabit Alcatel (tomada de [hoCn])



Alcatel MiniGBIC SX Transceiver (MINIGBIC-SX)

Figura 7.15 MiniGBIC SX Alcatel (tomada de [hoCo])



Adaptador óptico a Gigabit Ethernet³⁴. Soporta fibra multimodo en longitud de onda de 850nm con un conector LC. Soporta fibra de 62.5 micron para enlaces de 300m, y 50.0 micron para enlaces de 550m.

Capa de Acceso

Alcatel OmniSwitch 6850 Family (OS6850-48 y OS6850-24)

La familia de conmutadores LAN gigabit apilables OmniSwitch 6850³⁵ (OS6850) de Alcatel-Lucent satisface las necesidades de las empresas modernas y de las redes Triple Play con configuraciones flexibles, alimentación por Ethernet, alta disponibilidad, rendimiento a velocidad de cable en el primer paquete y un tiempo de respuesta de la red notablemente reducido.

Figura 7.16 Serie Alcatel OmniSwitch 6850 (tomada de [hoCp])



³⁴ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCo].

³⁵ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCp].

Al igual que los productos Alcatel-Lucent OmniSwitch actuales, la serie OS6850 usa el Alcatel-Lucent Operating System (AOS, Sistema operativo de Alcatel-Lucent), que garantiza una forma fácil y económica de actualizar o desplegar una red Ethernet nueva. Las opciones de configuración flexible que ofrece la familia OS6850 la hacen ideal para una red pequeña / mediana en el núcleo o la periferia de una gran red. Además, OS6850 protege su inversión con soporte nativo de conmutación en hardware de IPv4 e IPv6.

Las características principales de los OmniSwitch 6850 son las siguientes:

- Elección de modelos de alimentación mediante Ethernet o sin ella.
- Interfaces de triple velocidad 10/100/1000 y enlaces ascendentes 10Gig.

Tabla 7.9 Características de los modelos de 24 y 48 puertos de la serie Alcatel OmniSwitch 6850 (tomada de [hoCp])

Chasis	10/100/1000 ó Gig	Combo Puerto*	10Gig Puertos de apilamiento	10Gig Uplinks	Fuentes de alimentación admitido
Modelos no PoE					
OS6850-24	20 10/100/1000	4	2	-	126 W CA ó 120 W CC
OS6850-48	44 10/100/1000	4	2	-	126 W CA ó 120 W CC

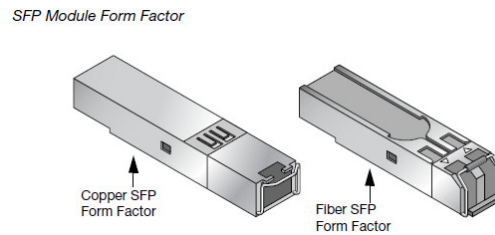
- Interfaces Fast Ethernet actualizables a Gigabit mediante clave de licencia de software sin necesidad de reconfigurar la red.
- Interfaces Gigabit de fibra (SFP) compatibles con transceptores ópticos 1000BaseX, de doble velocidad y 100BaseX.
- Capacidad de apilamiento con redundancia de chasis virtual.
- Opciones de fuentes de alimentación (CA, CC, PoE) para un despliegue flexible.
- Conmutadores IPv4 y IPv6 capa-2 y capa-3 para garantizar una inversión de futuro.
- Calidad de servicio (QoS) mejorada para soportar aplicaciones críticas y triple-play.

Alcatel-Lucent OmniAccess SFP Modules (OAW-SFP-SX)

Adaptador óptico a Gigabit Ethernet³⁶. Soporta fibra multimodo en longitud de onda de 850nm con un conector LC. Soporta fibra de 62.5 micron para enlaces de 260km, y 50.0 micron para enlaces de 550m.

³⁶ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCq].

Figura 7.17 SFP Alcatel (tomada [hoCq])



Familia Matrix C2

La familia Matrix C2³⁷ apilable nos permite configurar funcionalidades enrutado y conmutación avanzadas. La familia Matrix C2 permite el apilamiento de hasta 8 equipos asegurando una alta fiabilidad y disponibilidad al poder cerrarse el bucle de la pila y permitir la conexión de enlaces Core redundantes en distintos equipos de la pila, alimentación redundante y gestión redundante de la pila.

Figura 7.18 Serie C2 de Enterasys (tomada de [hoCr])



La familia Matrix C2 soporta un total de 40 Gbps full-duplex entre dos switches adyacentes a través de los puertos de la pila. El apilamiento de la familia C2 permite la combinación de múltiples equipos de la misma familia, pudiéndose mezclar equipos 10/100 con equipos 10/100/1000, y equipos PoE con equipos sin PoE. Los equipos que forman la pila son automáticamente configurados cuando éstos se pinchan a la pila, facilitando la operación de añadir o retirar cualquier equipo de la pila.

El modelo C2H124-48 dispone de 48 puertos non-blocking a velocidades 10/100Base-Tx. Cuatro puertos Up-Links con el uso de SFP y dos puertos de apilamiento integrados. Los cuatro puertos soportan la instalación de los apropiados conversores de fibra lo que incrementaría el total de puertos a 52.

El modelo C2H124-48P es idéntico al modelo C2H124-48, pero le añade el soporte de PoE.

³⁷ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCr].

HP ProCurve Switch 2600 Series (2650 y 2626)

Los switches de la serie ProCurve 2600³⁸ forman una familia de equipos de bajo coste, apilables, con gestión multicapas, y modelos de 8, 24 y 48 puertos gestionables, con velocidades de 10/100 Mbps, y puertos duales con velocidades 10/100/1000 Mbps o conexión mediante GBIC. Además, los modelos 2650-PWR, 2626-PWR y 2600-8-PWR cumplen el estándar IEEE 802.3af proporcionando puertos PoE (Power over Ethernet).

Figura 7.19 Serie HP ProCurve 2600 (tomada de [hoCs])



Las características principales de los ProCurve 2600 son las siguientes:

- Switches de capa de acceso.
- Propiedades de capa 2 y capa 3.
- Conectividad 10/100 escalable.
- Opción de uplinks en fibra a velocidad Gigabit.
- Algunos de sus modelos proporcionan PoE.
- Puertos duales: 10/100/100 o mini-GBIC (Gigabit-SX, -LX, o -LH).
- Posibilidad de formar una pila de 16 switches gestionables desde una única dirección IP.
- Altura de una U (1-RU).

HP ProCurve Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)

Figura 7.20 Mini-GBIC SX-LC HP (tomada de [hoCt])



³⁸ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCs].

Los adaptadores Small Form-Factor Pluggable³⁹ (SFP) de la familia HP ProCurve proporcionan una solución full-duplex a velocidad Gigabit en fibra para enlaces hasta 550 metros.

Salida al exterior

Panda GateDefender Performa

Panda Gatedefender Performa⁴⁰ es un equipo de seguridad perimetral escalable y muy fiable que ofrece la máxima protección contra amenazas en el gateway de la red. Éste bloquea todo los tipos de malware, spam, contenidos no deseables y otros tipos de amenazas antes de que estas lleguen a atravesar el Gateway para acceder a la red.

Figura 7.21 Panda GateDefender Performa (tomada de [hoCu])



Su uso es muy sencillo, lo que denominaríamos un *plug-in and forget*, es decir, que basta con conectarlo para empezar a disfrutar de su completa protección. Incorpora anti-malware, anti-spam y filtrado de contenidos, lo que hace del Panda Gatedefender Performa una solución de seguridad eficiente y efectiva. Gracias al mecanismo automático de balanceo de carga, esta solución se adapta a las necesidades de la compañía, independientemente del tamaño de la misma.

Las características principales del Panda GateDefender son las siguientes:

Figura 7.22 Ejemplo conexión Panda GateDefender (tomada de [hoCu])



- Las firmas de malware son actualizadas automáticamente cada hora y las huellas de spam cada minuto.

³⁹ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCt].

⁴⁰ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCu].

- Su sistema *Genetic Heuristic Engine* es capaz de detectar cualquier malware desconocido antes de que entre en la red.
- El sistema de cuarentena puede almacenar malware desconocido o no desinfectado hasta que su vacuna sea creada.
- Su conexión con el Panda's Collective Intelligence permite la desinfección automática de malware en cuarentena sin necesidad de intervención del administrador.
- Se instala en la red como un bridge transparente.
- Se puede configurar offline de modo que la interrupción del tráfico sea cuestión de un segundo.
- Una vez conectado empieza a proteger la red sin necesidad de más gestión (*plug and forget*).
- Altura de una U (1-RU).

Cisco CSS 11500 Series Content Services Switch

El Cisco CSS 11500 Series Content Service Switch⁴¹ es un equipo de alto rendimiento, alta fiabilidad de arquitectura, modular, utilizado para infraestructuras Web. Como novedad del switch para el Cisco Web Network Services Software, el Cisco CSS 11500 ayuda al negocio para construir redes Web globales optimizadas para el envío de contenidos y el comercio electrónico. Mediante la activación de cabeceras HTTP, el CSS 11500 Series ayuda a asegurar fiabilidad, optimizar utilización, reducir latencia, incrementar escalabilidad y mejorar la seguridad de los sitios Web, servidores, clusters de cache y sistemas de firewall.

Figura 7.23 Balanceador Cisco CSS 11503 (tomada de [hoCv])



Cisco CSS 11503

El Cisco CSS 11503 es una plataforma modular. El CSS 11503 requiere módulo de control (SCM) y tiene la posibilidad de alojar dos módulos opcionales.

El Cisco CSS11500 es una plataforma robusta para el envío de servicios de aplicación (capas 4 a 7 de OSI) para Internet o para centros de datos en intranets. El Cisco CSS 11500 habilita al negocio al reducir costes por la optimización, escalado y seguridad del centro de datos, red, y recursos de aplicación, los cuales mejoran la

⁴¹ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCv].

productividad de los recursos, y por consiguiente, ofrecen una mejor experiencia a los clientes, asociados o empleados. A través del *Content Fast Switching & Forwarding*, el Cisco CSS 11500 mejora la utilización, respuesta, disponibilidad, escalabilidad y seguridad de: sitios Web, granjas de servidores, clusters de cache y muchos otros componentes de infraestructuras de aplicaciones.

El Cisco CSS11500 con *Cisco WebNS Software* ayuda a asegurar altos niveles de seguridad sin comprometer/alterar el funcionamiento en el site. El CSS 11500 provee tolerancia a fallos, control de acceso a contenidos y soporte de políticas de seguridad basadas en todas las combinaciones de dirección origen, destino, protocolo, puerto TCP o URL. Proporciona NAT a velocidades de cable para proteger direcciones IP reales. Incluso, pudiendo realizar un proceso inteligente de envío del tráfico a través de múltiples firewalls. De este modo, el CSS 11500 elimina los cuellos de botella y el único punto de fallo.

El *throughput* (volumen de datos) que nos entrega el CSS1503 es de un agregado de 20 Giga. El Cisco 11503 requiere una SCM y alguno de los otros dos módulos opcionales.

El SCM no sólo gobierna el sistema entero, sino que este además contribuye a la densidad de entradas/salidas y al cumplimiento de flujos. El SCM viene con dos puertos de Giga que soporta módulos SFP y con un puerto Ethernet de gestión y otro de consola. La SCM además posee dos ranuras para PCMCIA que soportan hasta dos memorias Flash de 1 Giga.

Los puertos de entrada/salida que existen para este tipo de equipos vienen en los siguientes módulos:

- 2-port Gigabit Ethernet
- 16-port Fast Ethernet
- 8-port Fast Ethernet

Blue Coat SG510 Series

En las fronteras de las redes corporativas se encuentran los firewalls, los cuales bloquean el acceso a la red interna. Pero no están diseñados para controlar a los usuarios internos, evitar que accedan a sitios Web no apropiados, lo que abre puertas traseras a virus a través de correos basados en Web ó mensajería instantánea, evitando el spyware o el consumo inapropiado del ancho de banda.

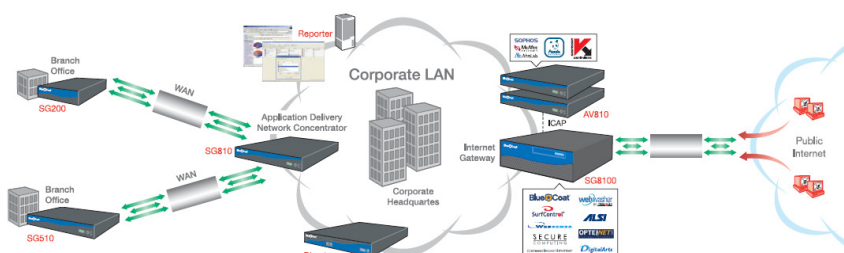
Figura 7.24 Proxy BlueCoat SG150 Series (tomada de [hoCw])



La solución es usar un equipo proxy, tal como el ProxySG⁴², diseñado específicamente para proveer control completo del uso de Internet.

La familia de dispositivos electrónicos Proxy SG™ de Blue Coat provee de visibilidad y control total de las comunicaciones Web, permitiendo un buen rendimiento en la conexión a Internet. Basados en el SGOS™ de Blue Coat, un sistema operativo diseñado especialmente para las funciones del dispositivo con caché integrado, los dispositivos Proxy SG™ apalancan los sistemas de autenticación existentes y permiten el refuerzo flexible de políticas que restringen a los usuarios individuales.

Figura 7.25 Ejemplo conexión Proxy BlueCoat (tomada de [hoCw])



Las características principales de la Serie SG510 de Blue Coat son las siguientes:

- Filtrado de contenidos integrado.
- Control de Mensajería Instantánea.
- Control Peer-to-Peer (P2P).
- Control de Ancho de Banda.
- Bloqueo de Anuncios Emergentes (pop-up ads).
- Altura de una U (1-RU).

Juniper ISG Series Integrated Security Gateways (ISG 1000)

El Juniper Networks ISG1000 Integrated Security Gateway⁴³ es un sistema completamente integrado Firewall/VPN que ofrece funcionamientos a velocidad multi-gigabit, arquitectura modular y altas capacidades de virtualización. El equipo es la solución ideal para securizar grandes entornos, centros de datos y redes de proveedores de servicios.

⁴² Información extraída de hojas de características del modelo. A día 7 de agosto la información del fabricante está orientada hacia las nuevas versiones de este modelo, y puede encontrarse en [hoCw].

⁴³ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCx].

Figura 7.26 Firewall Juniper ISG 1000 (tomada de [hoCx])



Los Juniper ISG Series son sistemas Firewall/VPN-based que ofrecen funcionalidades tales como Sistema Preventivo de Intrusión (IPS), anti-spam, filtrado Web, e Protocolo de Adaptación de Contenidos de Internet (ICAP). El sistema avanzado es además extensible a través de opciones tales como detección y prevención de intrusos integrada (IDP), o un *General Packet Radio Service* (GPRS) firewall/vpn para redes móviles en entornos de proveedores de servicios.

La arquitectura del ISG soporta el desarrollo con una alta variedad de interfaces tanto en cobre como en fibra. Alta flexibilidad de segmentación y aislamiento de tráfico a lo largo de diferentes niveles de confianza que pueden ser alcanzados usando funcionalidades avanzadas, tales como sistemas virtuales, *VLANs* y *Security Zones*. El ISG permite múltiples *firewall inspection* o políticas de enrutado para simplificar los diseños de red. Este habilita la aplicación de políticas de seguridad a flujos de tráfico con un impacto insignificante en la red.

Las características principales de los Juniper ISG1000 son las siguientes:

- Plataforma de hardware y software diseñados especialmente para procesamiento de seguridad.
- Comportamiento previsible: su arquitectura basada en ASIC proporciona un tratamiento lineal de los paquetes a velocidades multi-gigabit asegurando una baja latencia en aplicaciones sensibles como VoIP.
- Redundancia de hardware, múltiples opciones de configuración y rutas basadas en VPNs.
- Filtrado Web incorporado, anti-spam, IPS, redirección antivirus ICAP y opción de IDP integrado.
- Flexibilidad de interfaces: su arquitectura modular permite el empleo de distintas opciones de interfaces de cobre o fibra.
- Permite segmentación de la red: zonas de seguridad, virtual LANs, etc.
- Gestión centralizada.
- Soporta protocolos de routing: OSPF, BGP, RIP v1/2, PPP, HDLC, etc.

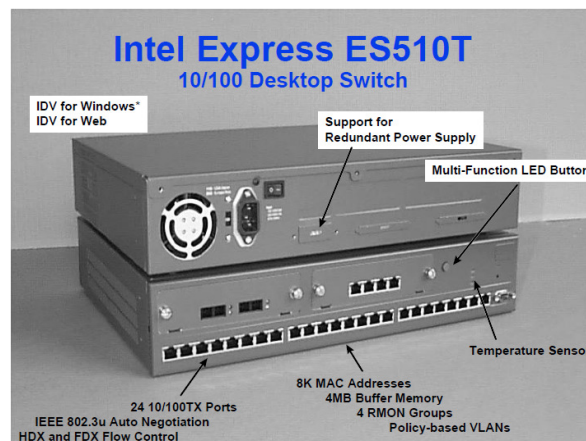
- Altura de tres U (3-RU).

Intel Express 500 Series Switches (Intel Express 510T)

Las características principales de los Intel Express⁴⁴ son las siguientes:

- Facilidad de uso.
- Dos puertos frontales de expansión que soportan una variedad de módulos para adaptarse a los requerimientos de cada cliente.
- Gestionables a través de consola, Windows, o Web. Se incluye cable de consola.

Figura 7.27 Switch Intel Express ES510T (tomada de [hoCy])



- Doble fuente de alimentación para proporcionar redundancia.
- Posibilidad de formar una pila mediante conexión con puertos SIM.

Figura 7.28 Conexión en pila de dos Intel Express (tomada de [hoCy])



- Flexible en la densidad de puertos:

⁴⁴ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCy].

Tabla 7.10 Densidad de puertos en la serie Intel Express (tomada de [hoCy])

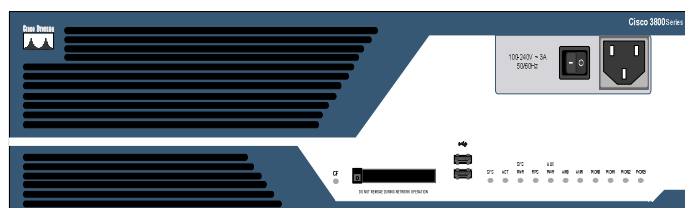
Number of Express 500 Switches	Maximum number of 10/100TX Ports	Maximum number of 100FX Ports	Maximum number of Gigabit Ethernet Ports
1	32	12	1
2	56	20	2
3	84	30	3
4	112	40	3
5	140	50	3
6	168	60	3
7	196	70	3

Router Cisco 3825

Cisco Systems redefine el sector de enrutamiento en oficinas con su nuevo catálogo de routers de servicios integrados, optimizando seguridad, envío de datos, video y voz a alta velocidad y servicios inalámbricos.

La serie Cisco 3800⁴⁵, a la que pertenece el router Cisco 3825 integra de manera transparente tecnologías avanzadas, servicios adaptativos, y comunicaciones de empresa seguras dentro de un solo y robusto equipo.

Figura 7.29 Router Cisco 3825 (tomada de [hoCz])



Los servicios de enrutado integrados en la serie Cisco 3800 están diseñados para alojar e integrar seguridad y proceso de voz con avanzados servicios inalámbricos y de cable, para el rápido desarrollo de nuevas aplicaciones, incluyendo funciones de capa de aplicación, servicios de red inteligente y convergencia de comunicaciones.

La serie Cisco 3800 soporta los requerimientos de ancho de banda para múltiples interfaces Fast Ethernet, multiplexación por división en tiempo (TDM), y integración completa de distribución de potencia en módulos que soportan 802.3af (Power Over Ethernet).

Las características principales del Cisco 3825 son:

- Arquitectura modular.
- 2 puertos Gigabit Ethernet 10/100/1000.
- 1 puerto SFP.

⁴⁵ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCz].

- 4 ranuras para HWICs.
- Estas ranuras soportan un throughput de hasta 400 Mbps en half duplex u 800 Mbps en full duplex.
- Pueden soportar también WICs, VICs y VWICs.
- 4 ranuras para módulos PVDM2 (módulos DSP) en placa.
- 2 ranuras para Network Modules : NM, NME o NME-X.
- Esta ranura soporta un throughput de hasta 1,6 Gbps.
- 1 ranuras EVM (Extensión Voice Module).
- 2 ranuras AIM internos (Advanced Integration Modules).
- Compact Flash de 64 MB.
- Tiene también 2 puertos USB 1.1.
- Calidad de servicio QoS en todos los puertos.

7.4 Análisis de la red

En los apartados anteriores hemos mostrado distintos aspectos de la red de la Universidad X, como son los diversos equipos que la componen, el estado del cableado que los interconecta, así como el número y disposición de los Racks que contienen dicho equipamiento. Sin embargo, todos estos aspectos nos ofrecen únicamente una visión superficial del estado de la red.

Resulta evidente que un cableado deficiente y caótico, o un mal estado de conservación del equipamiento en los Racks influye directamente en la calidad del servicio que la red ofrece al usuario, pero desde fuera sólo podemos intuir cómo afectan estos posibles problemas a su actividad. Necesitamos por tanto un análisis interno de la red que se centre en aspectos que nos muestren la realidad de su funcionamiento.

En este punto daremos un paso más en ese análisis y estudiaremos el rendimiento de la red a través de la observación de las tramas de datos que circulan por ella.

Para ello empleamos la herramienta *OptiView®* del fabricante *Fluke Networks*. En concreto utilizamos dos de sus paquetes de utilidades: *OptiView® Management Appliance with Reporter*, y *OptiView® Protocol Expert*. Con ellos recogimos datos del tráfico que discurre tanto por la red de usuarios 10.6.216.0/22 (VLAN1), como por la red de gestión, la 192.168.4.0/24 (VLAN100).

Para la realización de estos informes se han realizado dos visitas, el día 19-20 de Abril de 2010 y el día 22-23 de Abril de 2010⁴⁶.

Informes de red

Para extraer la información acerca de la red, solicitamos al personal encargado de la administración de la red de la Universidad que nos habilitara un puerto en el Core (switch Enterasys N7) al cual conectar nuestro equipo portátil con el software OptiView® Management Appliance with Reporter.

Esta herramienta está diseñada para probar y supervisar de forma proactiva el rendimiento de la red y extraer estimaciones de tendencias⁴⁷, notificaciones de eventos, así como datos acerca de todos los equipos detectados en la red. Con ella podremos estudiar el rendimiento y observar las conversaciones y protocolos principales, quién está utilizando el ancho de banda y con qué aplicaciones, etc. Algunas de los datos que nos permite obtener son:

- Inventario de todos los equipos agrupados por dirección IP, indicando dirección MAC y que servicios tienen activos (ver figura 7.31).
- Inventario de todos los equipos agrupados por Dominio, indicando la funcionalidad y en algunos casos el sistema operativo que tienen.

Figura 7.30 Ejemplo de inventario de red obtenido con OptiView®

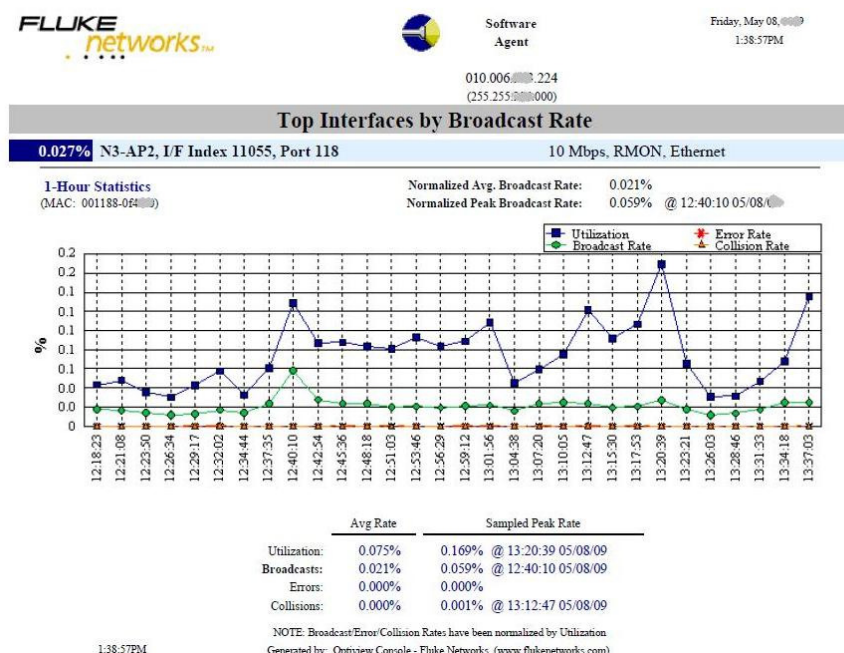
Name	IPX Name	NetBIOS Name	IP Address	MAC Address
1982.local		1982	010.006.223.000	INTEL-CF20
0985.local		0985	010.006.223.001	INTEL-DAEC
0994.local		0994	010.006.223.002	INTEL-CF2E
1005.local		1005	010.006.223.003	INTEL-F028
1019.local		1019	010.006.223.004	INTEL-28EA
1107.local		1107	010.006.223.005	INTEL-28EC
1150.local		1150	010.006.223.006	0007e9-C95
1193.local		1193	010.006.223.007	0007e9-C95
1197.local		1197	010.006.223.008	0007e9-C95
1201.local		1201	010.006.223.009	0007e9-CA1
1214.local		1214	010.006.223.010	0007e9-C95
1254.local		1254	010.006.223.011	0007e9-F2E
1255.local		1255	010.006.223.012	0007e9-F0E
1322.local		1322	010.006.223.013	0007e9-3D7
1356.local		1356	010.006.223.014	0007e9-3D3
1377.local		1377	010.006.223.015	0007e9-3D6
1463.local		1463	010.006.223.016	0007e9-49E
1464.local		1464	010.006.223.017	0007e9-583
1485.local		1485	010.006.223.018	0007e9-3D4
1487.local		1487	010.006.223.019	0007e9-3D5
1490.local		1490	010.006.223.020	0007e9-3D4
1541.local		1541	010.006.223.021	000cf1-F4E
1544.local		1544	010.006.223.022	000cf1-F4D
1559.local		1559	010.006.223.023	000cf1-F4E

⁴⁶ Estas fechas hacen referencia a visitas ficticias, que se corresponden con el plan de proyecto presentado en la *Oferta Técnica*, y que encontramos recogido en el Capítulo 6 en el apartado *Otros aspectos de la Oferta Técnica*.

⁴⁷ Extraído de [Flu10] a 14 de junio de 2010.

- Informes de los switches Core de la red, indicando la utilización media de los interfaces, el estado del puerto (levantado o caído), el tipo de interfaz y la velocidad a la que están trabajando.
- Informes acerca de los puertos que realizan mayor envío de Broadcast (ver figura 7.32), puertos que sufren más colisiones, y aquéllos que tienen problemas y errores.

Figura 7.31 Ejemplo de estadísticas de envío de Broadcast obtenido con OptiView®



Distribución del tráfico (OptiView Protocol Expert)

Como último paso en nuestro análisis realizaremos un estudio del tráfico que es enviado por la red hacia Internet. Para ello empleamos la herramienta OptiView® Protocol Expert, aplicación que ofrece análisis de protocolos para paquetes y permite identificar una degradación en la red o solucionar problemas en el tiempo de respuesta de las aplicaciones⁴⁸.

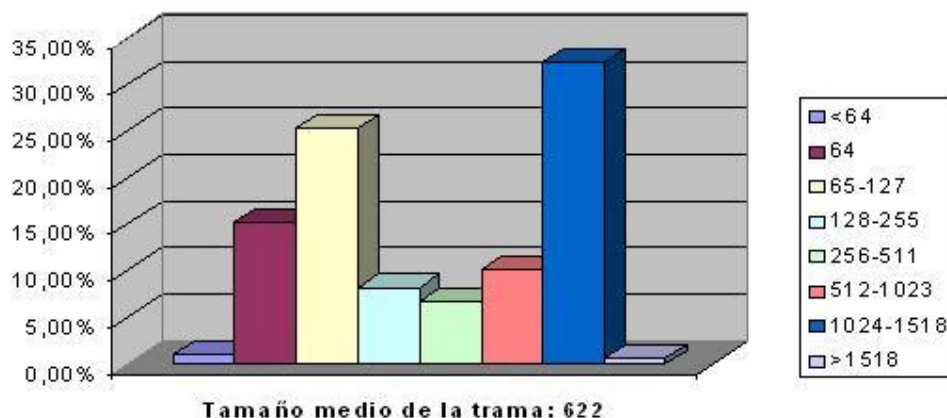
En nuestro caso hemos monitorizado el puerto 2/3 del switch N7 del rack A1_N-1_CORE1, que es el puerto por el que discurre todo el tráfico con destino la default-gateway de la red de la Universidad.

Las gráficas obtenidas y que se exponen a continuación muestran un nivel de ocupación de la red bajo, así como un comportamiento normal.

⁴⁸ Extraído de [Flu10] a 17 de junio de 2010.

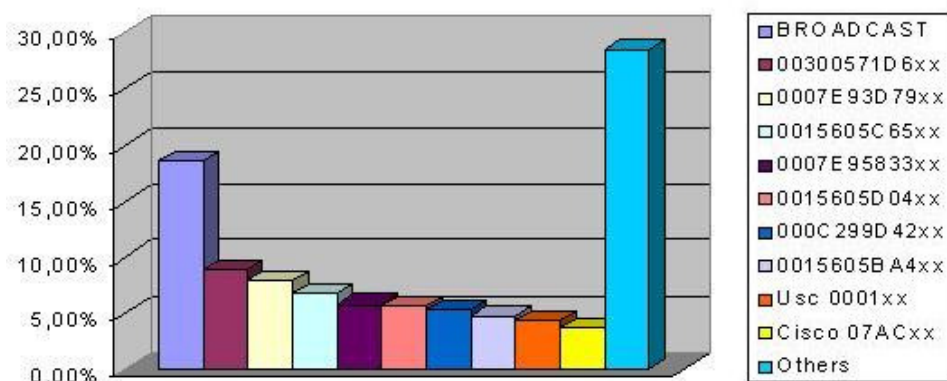
En primer lugar mostramos la distribución del tamaño de las tramas de datos que discurren por la red:

Figura 7.32 Distribución del tamaño del tráfico en la red (bytes)



Las tres gráficas siguientes hacen referencia al nivel de utilización de la red según sea capa 2, 3 o 7. En la figura 7.34 podemos observar como en la capa 2 (nivel de enlace) el tráfico entrante es en su mayoría de origen Broadcast, debido al gran número de máquinas que componen la red. Las otras dos direcciones que más tramas envían a nivel de enlace son las correspondientes a las direcciones MAC 00300571D6xx⁴⁹ y 0007e93d79xx, que corresponden con dos puertos del switch N7 (Core).

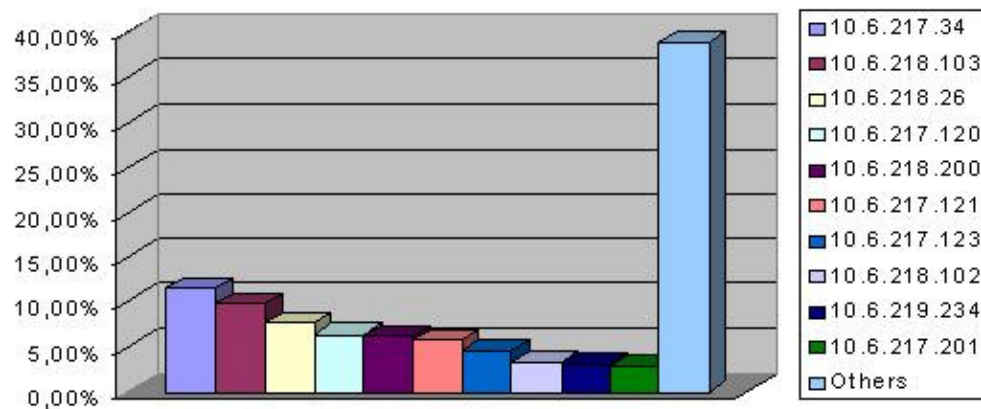
Figura 7.33 Nivel de utilización (capa 2)



A nivel de red, la mayor parte de los paquetes entrantes se corresponden con la dirección 10.6.217.34, dirección del servidor Web de la Universidad:

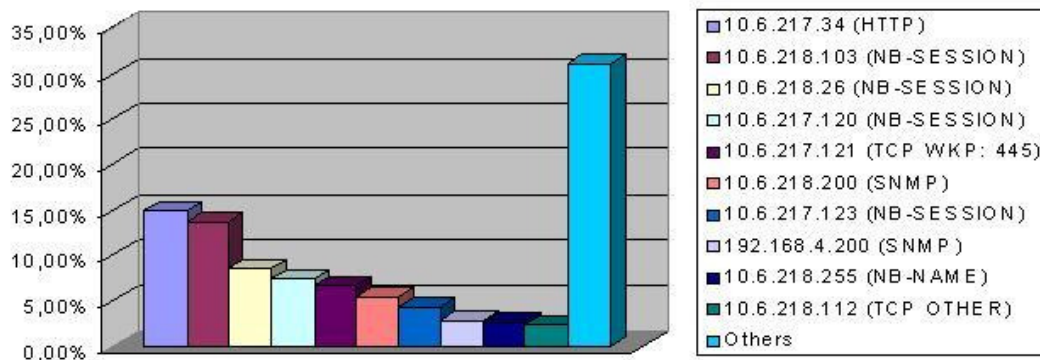
⁴⁹ Por motivos de confidencialidad se ocultan las dos últimas cifras de las direcciones MAC.

Figura 7.34 Nivel de utilización (capa 3)



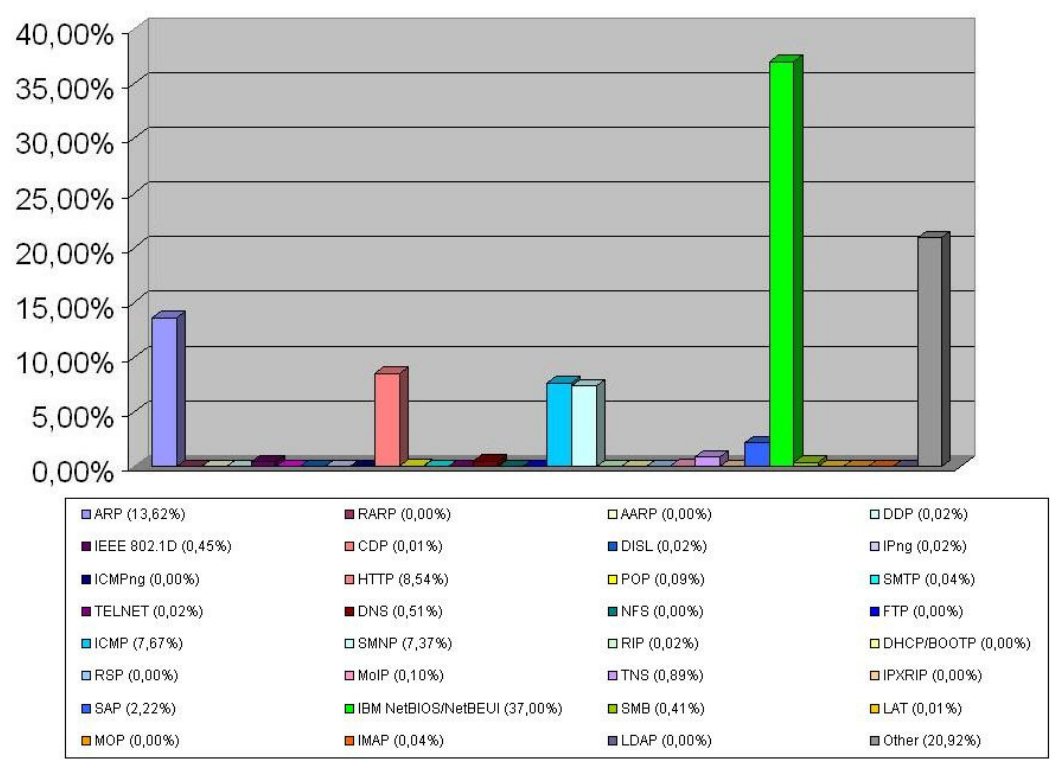
La figura 7.36 nos muestra cómo en la capa de aplicación la mayoría del tráfico detectado es HTTP y NetBios. Si además comparamos estos datos con los de la gráfica anterior, observamos que este tráfico está asociado respectivamente con las dos máquinas que más paquetes de datos introducen en la red (direcciones IP 10.6.217.34 y 10.6.218.103).

Figura 7.35 Nivel de utilización (capa 7)



La siguiente figura muestra los protocolos que están siendo utilizados por los equipos de la red del Campus. Vemos como destaca con un 37% el tráfico NetBios. En cuanto al tráfico SNMP, debemos tener en cuenta que esta causado en su mayoría por el sniffer con el que estamos tomando los datos.

Figura 7.36 Protocolos transmitidos (tramas, %)



En último lugar, tenemos tres gráficas que recogen las conversaciones entre las máquinas que más carga de datos han generado en la red, discriminando por capa de enlace, de red y de aplicación:

Figura 7.37 Conversaciones con más tráfico (capa 2)

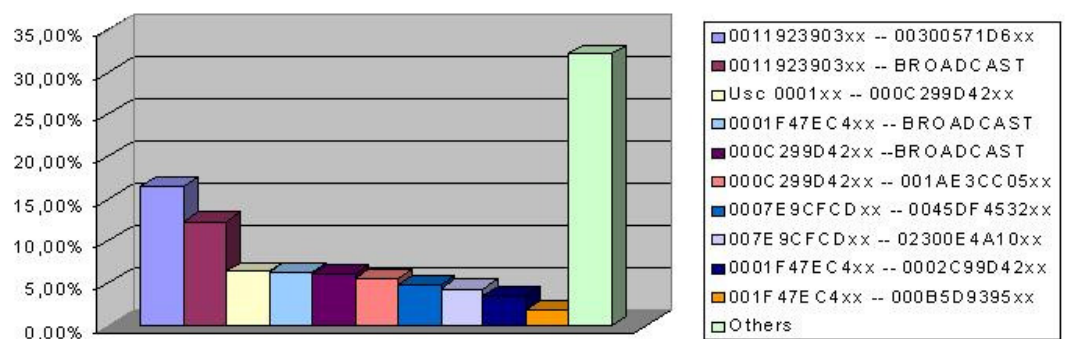


Figura 7.38 Conversaciones con más tráfico (capa 3)

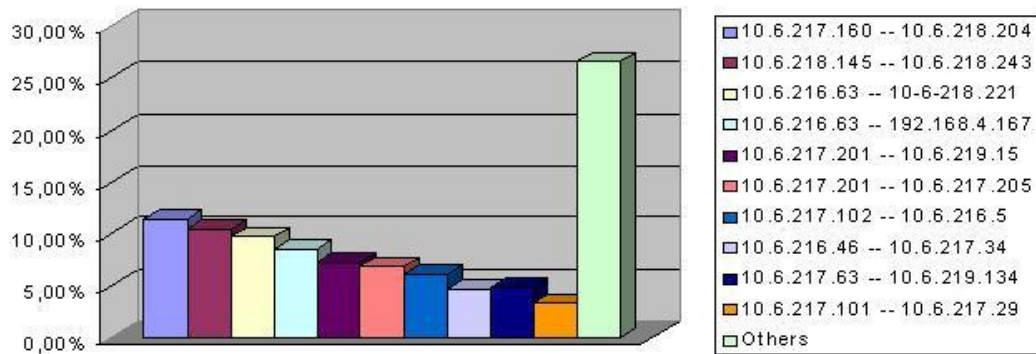
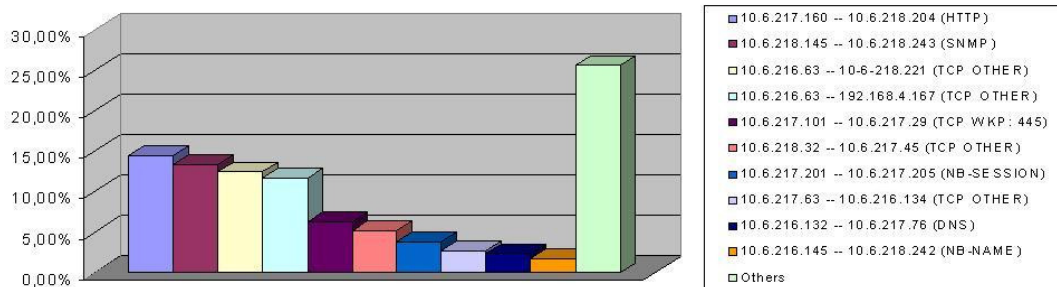


Figura 7.39 Conversaciones con más tráfico (capa 7)



7.5 Conclusiones

Tras el análisis realizado sobre el estado de la red del Campus de la Universidad X, contamos con datos suficientes para poder hacer una evaluación del rendimiento que está ofreciendo la red, así como de los problemas detectados. Se han realizado inventarios del equipamiento instalado, evaluado el estado de las infraestructuras (Racks, cableado, tomas de usuario...) y obtenido informes del tráfico que la red envía hacia Internet. Todo ello ha sido desarrollado a lo largo de los diversos apartados que componen este capítulo.

Como ya planteamos en el apartado 7.2, la red presenta serias deficiencias en su cableado, en concreto, en todo aquello relacionado con los Racks de comunicaciones. Durante la visita a las instalaciones pudimos observar:

- El cableado es caótico, y presenta gran desorden, falta de pasahilos y en muchos casos exceso de cables. Esto dificulta enormemente la labor de los técnicos que atienden incidencias en los Racks.
- Los latiguillos carecen en muchos casos de etiquetado. En redes de gran tamaño como el caso de un campus universitario, la falta de identificación conlleva pérdida de tiempo siguiendo los cables para ver a que conexión pertenecen.

- Muchos de los armarios no cuentan con documentación acerca de los equipos instalados, las conexiones, intervenciones y cambios realizados, etc.
- Mal estado de algunos Racks: suciedad, cables desconectados, equipos obsoletos que no prestan servicio, etc.
- Falta de seguridad, pues se han encontrado armarios en zonas comunes, o armarios a los que les falta la puerta. Esto implica un riesgo, pues personal ajeno a la administración de la red de la Universidad puede acceder con facilidad a los equipos y manipularlos o sustraerlos.

En cuanto a la electrónica de red, lo primero que cabe resaltar es la heterogeneidad de equipos encontrados, justificada por la Universidad con el hecho de haber sido adquiridos en distintos proyectos a lo largo de los años. Esto puede provocar incompatibilidades tanto entre las versiones de software, como en el tipo de protocolos que corren sobre ellos. De los informes recogidos con la herramienta OptiView® se desprenden las siguientes conclusiones:

- La utilización de los enlaces entre switches es muy baja.
- Los enlaces entre switches no presentan colisiones ni errores.
- No hay ningún puerto saturado y en general los interfaces de los switches tienen poca utilización.
- El tráfico de broadcast en la red es muy bajo.

El nivel de ocupación de los puertos (conectados) en los Racks de distribución y acceso es alto, lo que deja poca capacidad de crecimiento a la red. Vemos una tabla con el porcentaje de utilización aproximado por equipo en cada uno de los armarios del edificio:

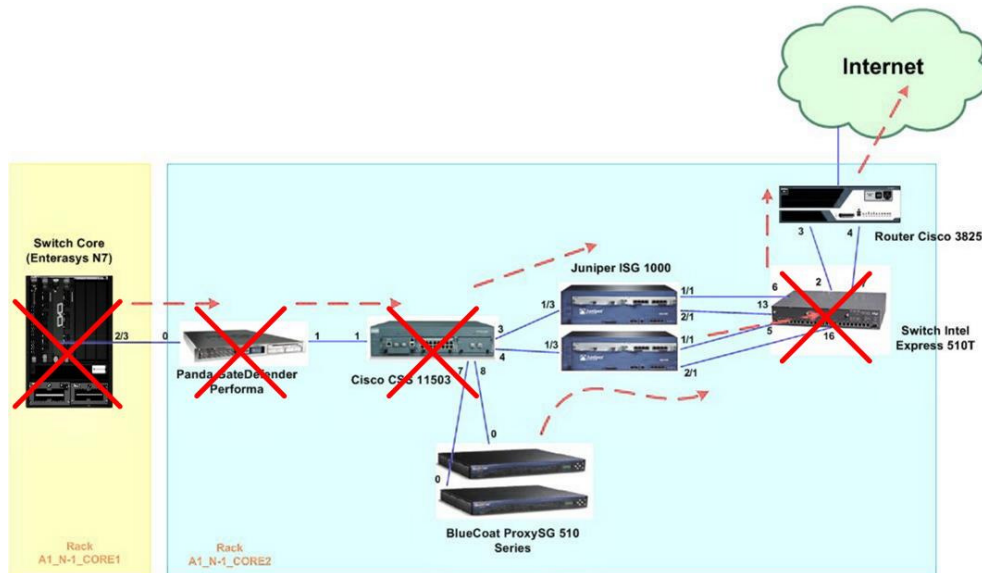
Tabla 7.11 Nivel de ocupación de los puertos de la electrónica de distribución y acceso

Edificio	Planta	Rack	Ocupación (%)
Aulas I	Planta Sótano (N-1)	A1_N-1_CORE1	13%
		A1_N-1_CORE2	N.A. ⁵⁰
		A1_N-1_D-LABS	23%
	Planta Baja (N0)	A1_N0_AULAS	64%
		A1_N0_INF1	96%
		A1_N0_INF2	63%
	Planta Primera (N1)	A1_N1_AULAS1	81%
		A1_N1_AULAS2	80%
	Planta Segunda (N2)	A1_N2_AULAS	100%
		A1_N2_DESP	91%
	Planta Tercera (N3)	A1_N3_DESP1	86%
		A1_N3_DESP2	90%
Aulas II	Planta Baja (N0)	A2_N0_D-ADMON	39%
		A2_N0_AULAS	68%
		A2_N0_INF1	73%
		A2_N0_INF2	57%
	Planta Primera (N1)	A2_N1_AULAS-LABS	82%
	Planta Segunda (N2)	A2_N2_AULAS	91%
		A2_N2_DESP	55%
	Planta Tercera (N3)	A2_N3_DESP	84%
Aulas III – Aula Magna	Planta Baja (N0)	A3_N0_D-MAGNA	20%
	Planta Primera (N1)	A3_N1_AULAS	68%
	Planta Segunda (N2)	A3_N2_AULAS	73%
		A3_N2_DESP	68%
Biblioteca	Planta Sótano (N-1)	B_N-1_D-ST	13%
		B_N-1_INF	67%
	Planta Baja (N0)	B_N0_SL	92%
	Planta Primera (N1)	B_N1_SL	83%
	Planta Segunda (N2)	B_N2_SL-OF	100%
Residencia	Planta Baja (N0)	R_N0_D-SERV	22%
	Planta Primera (N1)	R_N1	83%
	Planta Segunda (N2)	R_N2	83%
	Planta Tercera (N3)	R_N3	83%

⁵⁰ N.A.: No Aplica. En este Rack se ubican los distintos equipos que proporcionan la salida al exterior de la red. Por lo tanto no se puede hablar de ocupación en el mismo sentido que lo hacemos cuando nos referimos a equipos de electrónica de red como pueden ser los switches.

A pesar del alto porcentaje de ocupación de puertos, la red está bien dimensionada, y abastece a todos los usuarios del Campus. Sin embargo, encontramos un gran fallo de diseño en lo referente a la redundancia. Son varios los equipos, incluyendo al Core, que carecen de redundancia ante la posibilidad de la caída en uno de ellos:

Figura 7.40 Puntos de fallo detectados en la red



- Switch N7 (Rack A1_N-1_CORE1) el cual concentra el tráfico de los switches de distribución, así como la salida hacia el exterior. Al existir un único switch de Core, la caída de éste haría caer toda la red.
- Panda GateDefender (A1_N-1_CORE2), que además de no estar redundado, está conectado mediante un único puerto tanto hacia el Core, como hacia el balanceador Cisco.
- Switch INTEL Express, situado en el A1_N-1_CORE2, el cual interconecta Internet con los Firewall Juniper, con la DMZ, etc. A pesar de estar redundado en sus enlaces hacia el router Cisco 3825, supone un *cuello de botella*, pues es el único punto de salida al exterior: si cae este switch, se cae la salida a Internet.
- Balanceador CISCO CSS11503, el cual realiza las funciones de balanceo de la red hacia los proxies o Firewalls.
- Los switches de distribución están asimismo conectados al Core a través de un único enlace de fibra, con el consiguiente riesgo de pérdida de conectividad ante la caída del enlace.

El objetivo de estas conclusiones es dar sentido a toda la información obtenida en la auditoría. Éstas nos servirán para dar paso al siguiente capítulo, en el que abordaremos el diseño y presentación de una solución que mejore las prestaciones de la actual red, y solucione los problemas y carencias que se han detectado.

Capítulo 8

Propuesta de mejora de la red actual

8.1 Introducción

En el capítulo anterior, se ha expuesto la información y los resultados obtenidos durante la consultoría llevada a cabo por NESA en la red del Campus de la Universidad X. Como se refleja en el PPT⁵¹, el último punto de la auditoría se corresponde con la elaboración de una propuesta de mejora sobre la red actual, que permita optimizar la misma, y corregir al máximo posible las deficiencias encontradas.

El motivo de extraer la propuesta de mejora del capítulo anterior y dedicarle uno en exclusiva no es otro que otorgarle cierta relevancia dentro del proyecto. Una propuesta de mejora conlleva una nueva oferta, reducida y muy similar a la presentada para la instalación del nuevo edificio del Campus, con la particularidad de que en este caso la infraestructura de cableado y armarios ya existe. Por lo tanto debemos ocuparnos únicamente de sustituir la actual electrónica de red por una nueva, y realizar las mejoras en la configuración que permitan sacarle el mayor rendimiento posible al nuevo equipamiento.

En el caso que nos ocupa, la Universidad X es consciente de la posible necesidad de mejoras en su red. En el capítulo anterior nos esforzamos en realizar una primera fase de auditoría muy completa, extraer bien las deficiencias y los puntos a mejorar, para culminarla ahora con una elaborada propuesta de mejora. Tenemos que ser conscientes de nuestra posición privilegiada, pues después de la consultoría, poseemos un conocimiento detallado de la instalación. Presentando una solución competitiva, de calidad, y que aporte un valor añadido a la actual instalación, seremos sin duda los mejor colocados para llevar a cabo el proyecto de renovación del equipamiento, con el impacto (positivo) que ello supondría en el apartado económico de NESA.

De modo similar a como hicimos en el Capítulo 5 – Definición del proyecto –, iremos desgranando punto a punto a lo largo del capítulo todos los aspectos fundamentales que componen la nueva solución propuesta por NESA: arquitectura elegida, diseño de la red, equipos ofertados, garantía y mantenimiento, planificación, etc.

⁵¹ Ver Anexo, *Pliego de Prescripciones Técnicas de Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X*.

8.2 Arquitectura de la solución propuesta

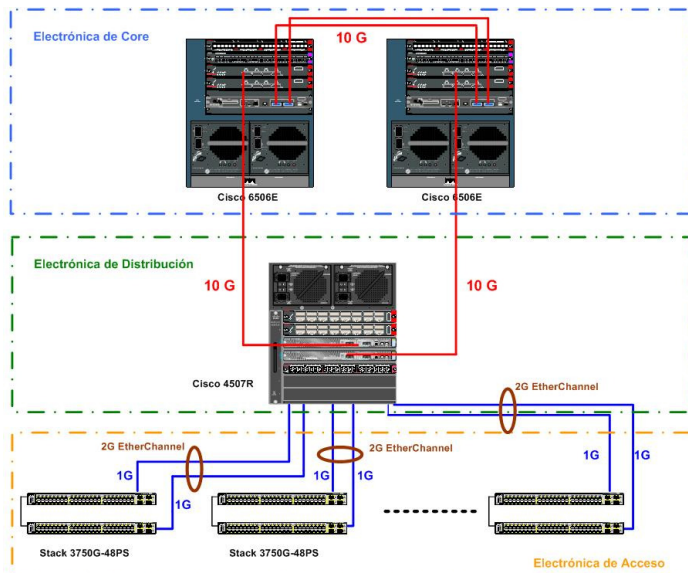
La mejora de la red actual de la Universidad forma parte de un gran proyecto emprendido por la misma, cuya primera fase consistió en una consultoría sobre la red actual, y el diseño y posterior instalación de la red del nuevo edificio del Campus. Prestando atención a este último punto, lo primero que debemos de tener en cuenta a la hora de diseñar nuestra propuesta de mejora es la compatibilidad con el nuevo equipamiento instalado.

Cuando hablamos del diseño de red del nuevo edificio del Campus, vimos que se decidió utilizar una arquitectura basada en un Diseño Jerárquico, más concretamente, un *Diseño Multicapa*. En este tipo de redes encontramos tres niveles de implementación: *Core*, *Distribución* y *Acceso*. No vamos a enumerar ahora sus propiedades, pues ya fueron perfectamente definidas y explicadas en capítulos anteriores. En este apartado centraremos nuestra atención en presentar las distintas partes de que se compone la solución de mejora.

Como ya hicimos en el caso del nuevo edificio, el equipamiento que ofertaremos para sustituir al instalado actualmente será en su totalidad equipamiento del fabricante Cisco Systems. Con ello queremos acabar con uno de los principales problemas encontrados durante la auditoría de red: la falta de homogeneidad de los equipos instalados. Esto conlleva en muchas ocasiones falta de compatibilidad entre ellos, lo que a menudo deriva en una reducción del rendimiento que ofrece la red.

Respecto a lo propuesto en el Capítulo 5, mantendremos el diseño de las capas de distribución y acceso, utilizando equipos y configuraciones similares a los que se instalaron ya en el nuevo edificio. Cuando se realizó ese diseño, se obvió la capa de Core, pues el Campus ya contaba con uno propio. En este punto, añadiremos este nivel de implementación a la solución, quedando conformado el esquema de red de la siguiente manera:

Figura 8.1 Diseño propuesto como mejora de la red actual del Campus



Para los enlaces entre las capas de acceso y agregación se configurarán *EtherChannels* a 2G, de igual modo que ya se hizo en el nuevo edificio. Las capas de distribución y Core se interconectarán de modo redundante mediante enlaces de 10G, al igual que las conexiones entre los dos switches de Core. Gracias a utilizar equipos Cisco de la familia Catalyst 6500, podremos implementar la funcionalidad de *Virtual Switching*, que explicaremos a continuación cuando detallemos las características técnicas los equipos de Core.

Equipamiento de la solución

El equipo elegido como electrónica de Core para sustituir al actual Enterasys N7 instalado en el Campus es un conmutador modular de la serie *Cisco Catalyst 6500*, concretamente, el modelo *6506E* con 6 slots⁵², del que montaremos dos unidades para obtener redundancia (mejorando así una de las deficiencias de la actual instalación, que cuenta únicamente con un solo equipo de Core), y que contarán cada uno con:

- Una tarjeta supervisora de la familia Sup720 (Referencia procesadora: VS-S720-10G-3C=), con dos puertos de tipo X2 a 10Gb.
- Dos fuentes de alimentación y ventilador.
- Una tarjeta de puertos en cobre para tecnologías Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T con 48 puertos (Referencia tarjeta: WS-X6748-GE-TX).
- Una tarjeta de puertos para fibra multimodo de 1 Gigabit Ethernet (1000BASE-SX). Estos puertos irán provistos de un módulo conversor de fibra SFP para conexión de la misma. (Referencia tarjeta: WS-X6748-SFP).
- Dos tarjetas de 4 puertos para fibra a 10 Gigabit Ethernet. Estos puertos irán provistos de un módulo conversor de fibra XENPAK para conexión de la misma. (Referencia tarjeta: WS-X6704-10GE).

Los Catalyst 6500 proporcionarán gran capacidad de conmutación y filtrado de niveles 2, 3 y 4, alto nivel de redundancia, gran escalabilidad y fuerte tolerancia a fallos.

Estos equipos funcionan mediante software basado en IOS de Cisco, soportando multitud de protocolos y estándares, entre los que cabe destacar aquellos necesarios para un eficiente manejo del tráfico Multicast (PIM, IGMP, USMP, GARP, etc.). Igualmente permiten la creación de VLAN (Virtual LANs) basadas en estándares como 802.1Q o en soluciones propietarias como ISL (desarrollada por Cisco).

⁵² Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCcc].

Figura 8.2 Cisco Catalyst 6506E



Los equipos permiten la instalación de elementos redundantes e intercambiables en caliente de tal forma que es posible añadir, extraer o reemplazar los mismos sin interrumpir el servicio de los flujos de tráfico relacionados, consiguiendo que el rendimiento del equipo no se vea afectado.

Entre las principales características de la familia Cisco Catalyst 6500 destacamos la capacidad para proporcionar soluciones avanzadas y de alto rendimiento para redes LAN:

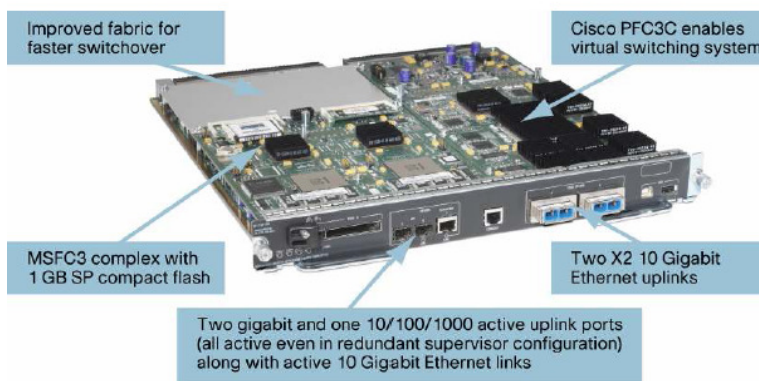
- Rendimiento: Mediante soluciones avanzadas de conmutación que escalan ancho de banda sobre puertos según sea necesario, incorpora circuitos integrados específicos (ASIC) para proporcionar procesado a velocidad de cable a niveles 2-3 (10/100/1000). Basándose en “Cisco Express Forwarding” puede conmutar hasta 400 mpps.
- Densidad de puertos: Interfaces de 10 Gigabits de alta densidad: Estas nuevas interfaces, que utilizan la supervisora de 720 Gbps y parten de la tecnología comprobada Cisco Express Forwarding, brindan una gran densidad de puerto.
- Seguridad avanzada: Permitiendo capacidades como 802.1x, listas de control de acceso (ACL), autenticación de rutas basada en MD5, protocolo Secure Shell (SSH), port security, Dynamic ARP Inspection (DAI), IP Source Guard, Directivas de Control, Bypass de autenticación inaccesible 802.1x, Control de puertos unidireccional 802.1x, Bypass de autenticación por MAC, y private VLAN (PVLAs) que mejoran en control y la flexibilidad en la red de datos.
- Servicios de red sobre Cisco IOS: los Cisco Catalyst 6500 proporcionan de forma nativa capacidades de nivel 2-3. Estos equipos funcionan mediante software basado en IOS de Cisco, soportando multitud de protocolos y estándares, entre los que cabe destacar aquellos necesarios para un eficiente manejo del tráfico Multicast (PIM, IGMP, USMP, GARP, etc.). Igualmente

permiten la creación de VLAN (Virtual LANs) basadas en estándares como 802.1Q o en soluciones propietarias como ISL (desarrollada por Cisco).

- Soporte Multicast por Hardware: mediante protocolos Protocol Independent Multicast (PIM), modos denso y “sparse”; Internet Group Management Protocol (IGMP); y Cisco Group Management Protocol (CGMP) se permite la eficiente distribución de contenidos multimedia sin comprometer la capacidad de la red.
- Protección de Aplicaciones Críticas: Las capacidades del módulo de Supervisión permiten disponer de un rendimiento no degradado por la habilitación de directivas de calidad de servicio QoS basadas en información de Nivel 2, 3 o 4, sistemas de colas de prioridad y RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos) para asegurar ancho de banda a aquellas aplicaciones que así lo requieran.

Como tarjeta supervisora utilizaremos la tarjeta Sup720⁵³. Esta supervisora es de la última generación de tarjetas procesadoras lanzada al mercado por Cisco para los switches de la familia 6500.

Figura 8.3 Supervisor Cisco Sup720 para Catalyst 6500 (tomada de [hoCa])



Las características más importantes y novedosas de estas tarjetas son las siguientes:

- Funcionalidad de Virtual Switching.
- Matriz de conmutación de 720Gbps.
- Capacidad de procesamiento de 400 Mpps en IPv4.
- Dos puertos de 10 Gigabit Ethernet de tipo X2 que irán dotados de los correspondientes módulos conversores. En nuestro caso se utilizarán para la interconexión de los dos switches de Core 6506E.

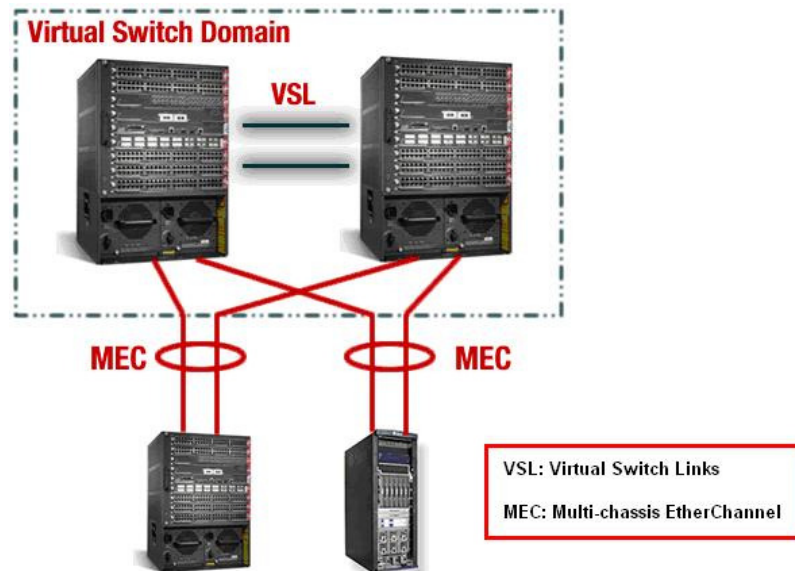
⁵³ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCa].

En el desarrollo continuo de los switches de la serie 6500, el Virtual Switching permite que varios de estos equipos se comporten como un único switch a efectos Layer2-Layer3, desapareciendo la necesidad de activar el protocolo spanning tree (STP) y haciendo, por tanto, que todos los enlaces permanezcan activos.

De esta forma, cada uno de los switches de distribución verá a los dos switches 6500 como un único equipo, permitiendo que las dos conexiones a cada uno de los dos switches de Core se vean como una única del doble de capacidad, aumentando ancho de banda y seguridad, sin necesidad de STP.

En la figura 8.4 se muestra cómo se conectaría la electrónica de red en una configuración óptima de Virtual Switching:

Figura 8.4 Configuración de switches con Virtual Switching (tomada de [hoCa])



Una ventaja de utilizar Virtual Switching es que no necesitamos de doble redundancia en las conexiones entre los equipos Core y los de distribución, siendo suficiente con un único enlace desde cada switch 6500 al de distribución (siempre creando un Multi-chassis Etherchannel con estos enlaces). Esto se debe a que las supervisoras 720 con VSS⁵⁴, incorporan la inteligencia necesaria para gestionar por qué enlace físico deben de conmutar sus datos.

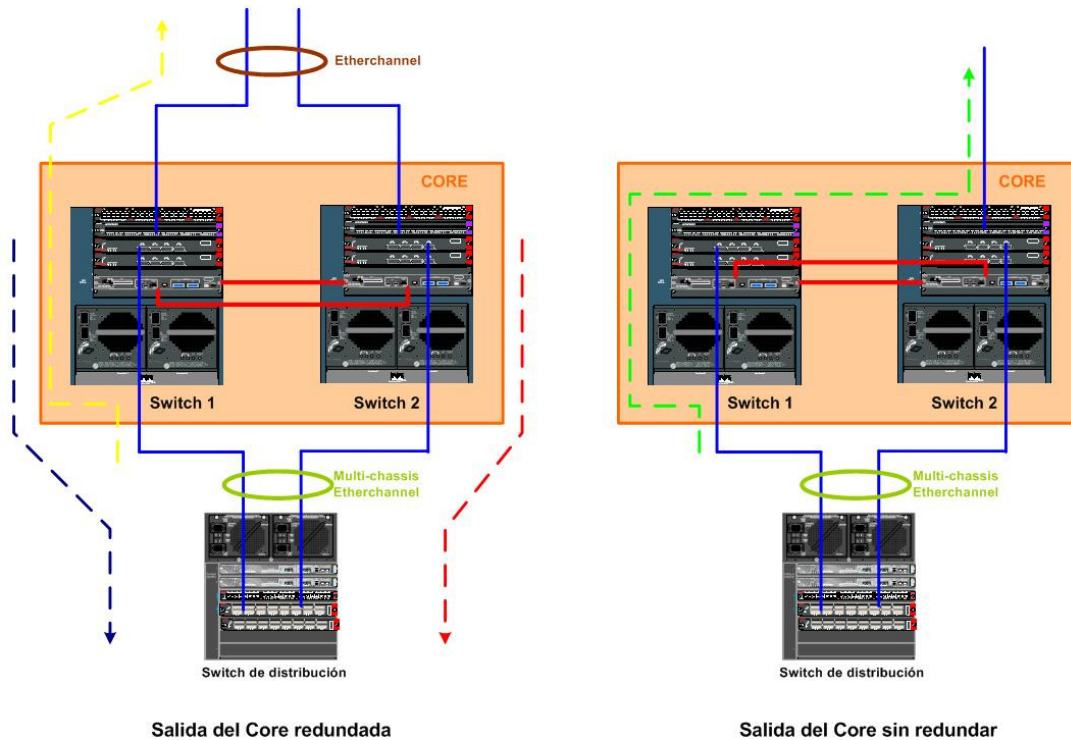
En el ejemplo de la figura 8.5 tenemos un caso típico de configuración de Virtual Switching, similar al propuesto en nuestra solución, con dos equipos Core interconectados entre sí con enlaces a 10G entre sus supervisoras, configurados con VSS. Para distribución utilizamos un switch Cisco de la serie 4500, interconectado al Core con dos enlaces formando un MEC, uno a cada uno de los switches Core.

Si un paquete entrara por el switch 1, el VSS lo encamina a través del enlace 1 (en azul), sin necesidad de hacerlo pasar por el switch 2. De modo similar si el switch 2

⁵⁴ Virtual Switching.

recibe un paquete con destino el de distribución, lo encamina por el enlace 2 (en rojo). Este procedimiento que parece sencillo, resultaría mucho más complicado e implicaría saltos de un switch de Core al otro en caso de tener configuraciones con HSRP, VRRP o STP⁵⁵.

Figura 8.5 Ejemplo de Virtual Switching



Aunque esta inteligencia es sólo en sentido descendente, también incorpora ventajas cuando mandamos datos desde la capa de distribución hacia arriba. Si por ejemplo el switch de distribución envía un paquete a través de su enlace con el switch 1 (en amarillo), éste lo conmuta hacia arriba por su propio enlace, sin necesidad de pasar por el switch 2. Para esto es absolutamente necesario que el siguiente paso hacia arriba del Core esté redundado y configurado como Etherchannel (como se aprecia en la figura 8.5 en el esquema de la izquierda). En caso contrario (esquema de la derecha), si la salida se produjera únicamente por el switch 2, sí necesitaríamos de un salto adicional (en verde).

Se ofertan también los módulos X2 (Referencia módulo: X2-10GB-LR) para conexión de fibra a 10G entre los switches del Core:

Figura 8.6 Módulos Cisco X2 (tomada de [hoCb])



⁵⁵ Spanning-Tree Protocol.

Se incluye en la solución una tarjeta de 48 puertos⁵⁶ Ethernet 10/100/1000 de cobre, para cubrir la necesidad de posibles conexiones de equipos directamente contra el Core (por ejemplo, los equipos que proporcionan salida al exterior):

Figura 8.7 Tarjeta Cisco WS-X6748-GE-TX (tomada de [hoCc])



Las características específicas de los módulos WS-X6748-GE-TX son:

- 48 puertos RJ-45 10/100/1000 Mbps.
- Tamaño máximo de trama de 9216 bytes.
- Soporta el estándar IEEE 802.3ad de agregación de enlaces y la tecnología Cisco EtherChannel.

Del mismo modo se incluye una tarjeta de 48 puertos a 1G en fibra⁵⁷ mediante conectores SFP. Estos módulos son ideales para enlaces Gigabit Ethernet sobre fibra en oficinas, uplinks a Gigabit, agregación de alta densidad en interfaces 10/100, backbone, y granjas de servidores en centros de datos. Ofrecen configuraciones flexibles, así como posibilidad de escoger entre distintos medios de conexionado (fibra multimodo y monomodo, GBICs, SFPs o MT-RJ):

Figura 8.8 Tarjeta Cisco WS-X6748-SFP (tomada de [hoCd])



Las características específicas de los módulos WS-X6748-SFP son:

- 48 puertos con interfaces para módulos SFP.
- Soporta el estándar IEEE 802.3ad de agregación de enlaces y la tecnología Cisco EtherChannel.

⁵⁶ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCc].

⁵⁷ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCd].

Se ofertan también módulos conversores SFP para conexión de fibra multimodo (Referencia módulo: GLC-SX-MM):

Figura 8.9 Módulos SFP modelo GLC-SX-MM (tomada de [hoCe])



Por último se incluyen dos tarjetas de 4 puertos de 10G Ethernet en fibra⁵⁸ cada una, con conectores de tipo XENPAK. Estos puertos serán utilizados para conectar el Core con los distintos switches de distribución de los edificios:

Figura 8.10 Tarjeta Cisco WS-X6704-10GE (tomada de [hoCf])



Las características específicas de los módulos WS-X6704-10GE son:

- 4 puertos (1:1 oversubscribed).
- Interfaces XENPAK.
- Port Buffers: 16 MB por puerto.

Se ofertan también módulos conversores XENPAK⁵⁹ para conexión de fibra a 10GE (Referencia módulo: XENPAK-10GB-LRM):

Figura 8.11 Módulos XENPAK (tomada de [hoCg])



Al igual que en la solución ofertada para la electrónica del nuevo edificio del Campus, la electrónica de distribución de los distintos edificios estará compuesta por

⁵⁸ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCf].

⁵⁹ Información extraída a 7 de agosto de 2010 de [hoCg].

switches Cisco Catalyst 4507R, con la misma configuración de tarjetas y puertos que se definió entonces, incluyendo los módulos X2 necesarios en cada caso para su conexión a 10GE con los switches Core:

Figura 8.12 Cisco Catalyst 4507R



- Dos tarjetas supervisoras de la familia Sup6 (Referencia procesadora: WS-X45-SUP6-E), con dos puertos de tipo X2 a 10Gb cada una.
- Dos fuentes de alimentación y ventilador.
- Una tarjeta de puertos en cobre para tecnologías Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T con 24 puertos (Referencia tarjeta: WS-X4424-GB-RJ45).
- Dos tarjetas de 18 puertos para fibra multimodo de 1 Gigabit Ethernet (1000BASE-SX). Estos puertos irán provistos de un módulo conversor de fibra GBIC para conexión de la misma. (Referencia tarjeta: WS-X4418-GB).

Para la electrónica de acceso seguimos contando con switches de la familia 3750, más concretamente, el modelo 3750G-48PS, del que se instalarán el número de equipos necesarios para sustituir los actuales sin perder en número de puertos:

Figura 8.13 Cisco Catalyst 3750G-48PS



Del mismo modo se incluirán los conectores GLC-SX-MM necesarios para conectar los switches de acceso con los de distribución mediante enlaces fibra a 1G.

Todas las especificaciones técnicas acerca de estos equipos y de sus tarjetas y módulos correspondientes pueden consultarse en detalle en los enlaces detallados en el apartado *Referencias*.

Por último en la siguiente tabla mostramos el desglose del equipamiento ofertado para la renovación de la electrónica del Campus de la Universidad X:

Tabla 8.1 Resumen de equipamiento ofertado para la renovación de la electrónica del Campus

Equipamiento de la propuesta de mejora de la red actual		Uds.
Electrónica de Core		
VS-C6506E-S720-10G	Catalyst Chassis+Fan Tray+Sup720-10G; IP Base ONLY incl. VSS	2
SV33IBK9L-12233SXI	Cisco CAT6000-VSS720 IOS IP BASE SSH LAN ONLY	2
WS-C6506-E-FAN	Catalyst 6506-E Chassis Fan Tray	2
WS-CAC-6000W	Cat6500 6000W AC Power Supply	4
CAB-AC-2500W-EU	Power Cord, 250Vac 16A, Europe	8
X2-10GB-SR	10GBASE-SR X2 Module	4
WS-X6748-GE-TX	Cat6500 48-port 10/100/1000 GE Mod: fabric enabled, RJ-45	2
WS-X6748-SFP	Catalyst 6500 48-port GigE Mod: fabric-enabled (Req. SFPs)	2
GLC-SX-MM	GE SFP, LC connector SX transceiver	96
WS-X6704-10GE	Cat6500 4-port 10 Gigabit Ethernet Module (req. XENPAKs)	4
XENPAK-10GB-LRM	10GBASE LRM XENPAK Module	12
Electrónica de Distribución		
WS-C4507R-E	Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable	5
PWR-C45-2800ACV	Catalyst 4500 2800W AC Power Supply (Data and PoE)	5
PWR-C45-2800ACV/2	Catalyst 4500 2800W AC Power Supply (Data and PoE)	5
WS-X45-SUP6-E/2	Catalyst 45xxR E-Series Sup 6-E, 2x10GE(X2) w/ Twin Gig	10
X2-10GB-SR	10GBASE-SR X2 Module	10
WS-X4424-GB-RJ45	Catalyst 4500 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)	5
WS-X4418-GB	Catalyst 4500 GE Module, Server Switching 18-Ports (GBIC)	10
WS-G5484	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (Multimode)	60
Electrónica de Acceso		
WS-C3750G-48PS-S	Catalyst 3750 48 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	49
GLC-SX-MM	GE SFP, LC connector SX transceiver	62

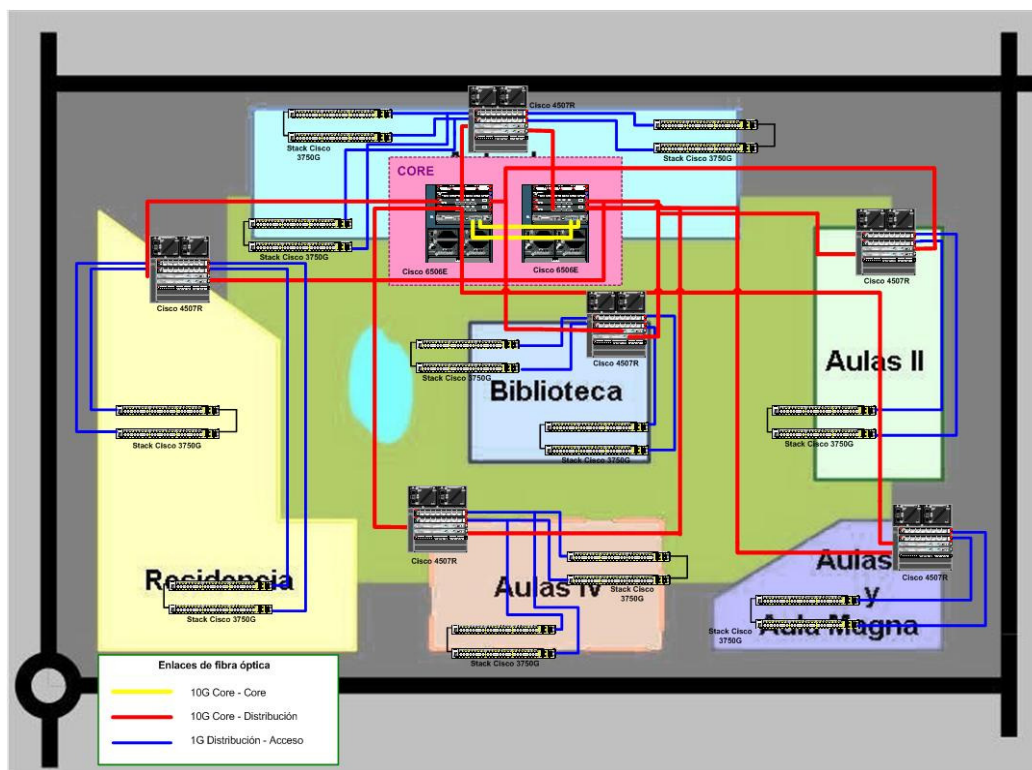
Arquitectura Física y Lógica de la propuesta

Una vez han sido descritos los distintos equipos que componen el diseño propuesto como mejora de la red actual de la Universidad X, resta describir cómo quedaría física y lógicamente la red: hablamos de sus *topologías física y lógica*.

Físicamente la red del Campus constará, tal y como se puede ver en la figura 8.14 (de forma aproximada, pues no caben representados todos los equipos de acceso), de los siguientes elementos:

- Core de comunicaciones: compuesto por dos armarios situados en el edificio Aulas I, entre los que se repartirán los Cisco 6506E (uno por Rack) y los distintos equipos que proporcionan salida al exterior (actualmente ubicados en el armario A1_N-1_CORE2).
- Armarios de distribución: ubicados en la planta baja de los edificios.
- Distintos armarios de acceso distribuidos por las plantas.

Figura 8.14 Arquitectura Física de la propuesta de mejora

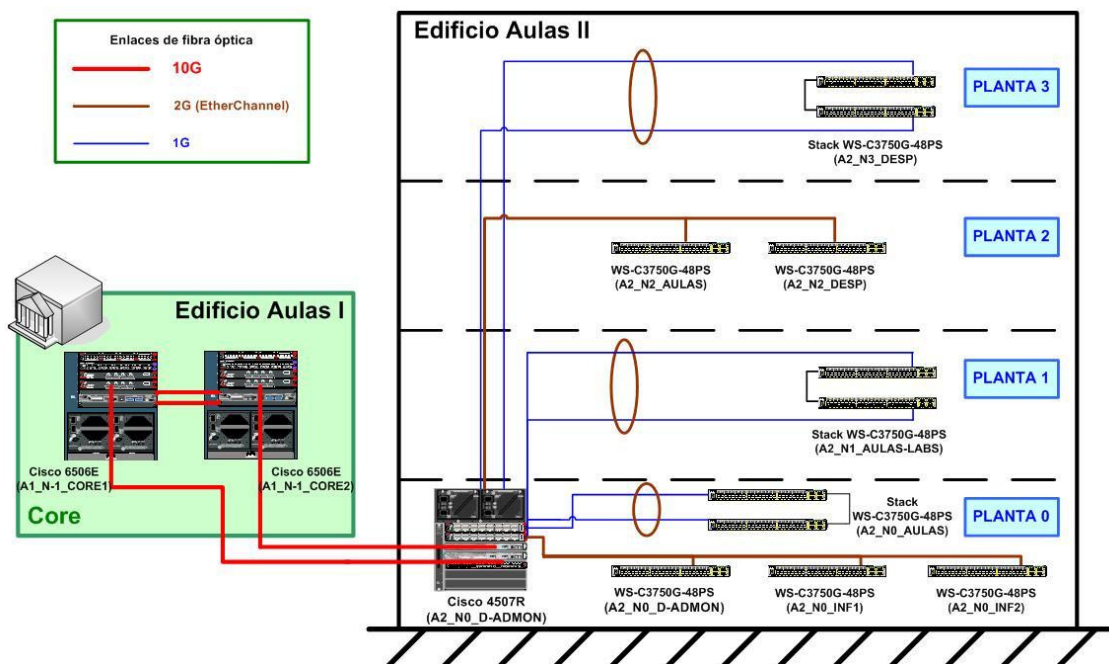


En los armarios de distribución se instalarán los Cisco Catalyst 4507R, y su función será recoger el tráfico de los switches de acceso, los cuales estarán conectados a él mediante enlaces de fibra óptica a 1G. Esta conexión se realizará empleando EtherChannels de forma similar al nuevo edificio Aulas IV.

Los switches de acceso se instalarán en los armarios situados en las distintas plantas de los edificios, sustituyendo a la electrónica existente, y proporcionando un número de puertos que en ningún caso será menor que el actual (mantendremos la densidad de puertos actual, aumentándola en los casos en los que se sustituya un equipo de 24 puertos por el nuevo modelo de 48). Esta sustitución se detallará más adelante.

En la figura siguiente podemos observar cómo sería la arquitectura física una vez aplicada la mejora de la red, poniendo como ejemplo el edificio Aulas II (entre paréntesis se indica en qué Rack se instala cada equipo):

Figura 8.15 Arquitectura Física del edificio Aulas II tras la aplicación de la mejora



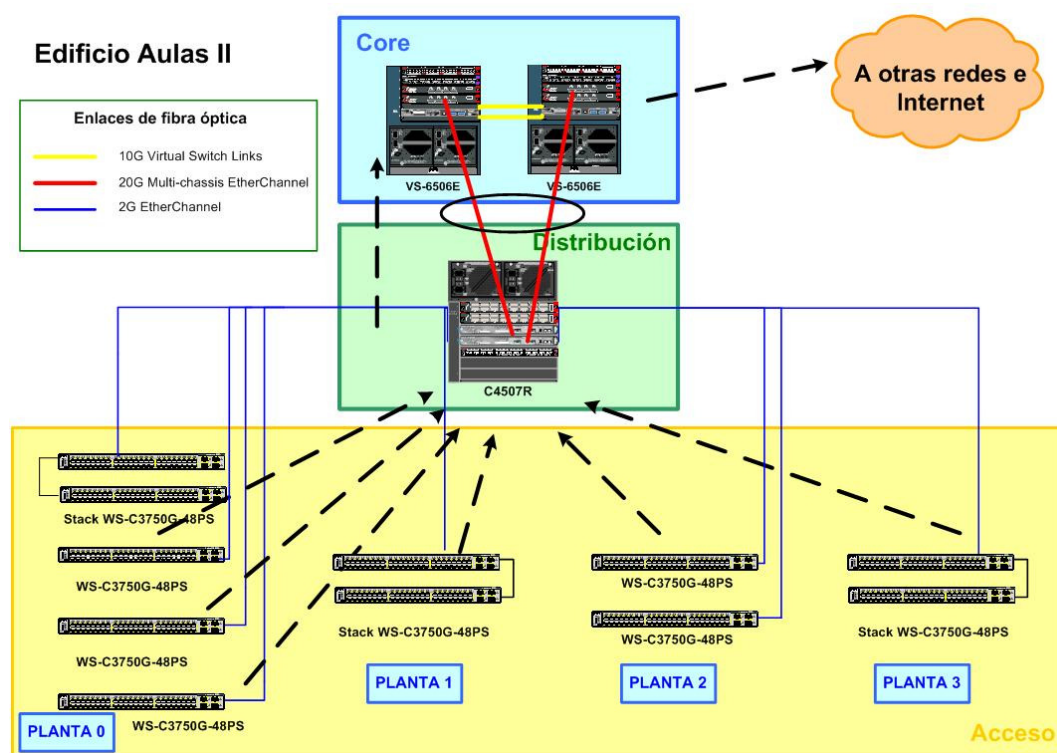
La arquitectura lógica de la nueva solución sigue adoptando una *Topología en Estrella*, al igual que en el edificio Aulas IV y en el diseño de red instalado actualmente. Concretamente podemos hablar de un diseño en *Estrella Distribuida*, dónde el nodo central lo constituyen los dos switches 6506 del Core, que se conectan con los nodos principales de cada edificio, representados por los 4507R de distribución. Éstos recogen el tráfico de todos los usuarios a través de los switches de acceso para encaminarlo al Core de la red y viceversa.

Al igual que ya comentamos cuando describimos la solución para el nuevo edificio, los switches de acceso envían el tráfico en capa 2 al switch de distribución (C4507R) quién a su vez se encarga de conmutar el tráfico hasta el Core en capa 3 a través de sus enlaces de fibra a 10G. Este enlace se realizará aprovechando la funcionalidad de Virtual Switching que incorpora la supervisora instalada en cada uno de los Cisco 6506 del Core. Esta característica de los nuevos equipos Cisco 6500 nos aporta un gran valor añadido a la solución respecto al diseño que encontramos cuando realizamos la auditoría de comunicaciones.

Con esta funcionalidad los dos switches 6506 constituyen lo que se conoce como Virtual Switch Domain (dominio de switch virtual), comportándose virtualmente como un solo switch: la capa de distribución los percibe como un sólo chasis. Esto permite tener un único punto de configuración y gestión con una única dirección IP para los dos 6500, y un único fichero de configuración (mayor facilidad y comodidad en cuanto a la configuración).

La interconexión de los dos chasis se realiza a través de los puertos X2 de 10G de cada una de las tarjetas supervisoras de ambos switches, dando lugar a dos enlaces conocidos como Virtual Switch Links (VSL). A su vez, se crea de modo lógico un MEC (Multi-chassis Etherchannel) en los dos enlaces de 10G que unen el Core con cada uno de los switches 4507R de distribución. Con ello se consigue una topología libre de bucles con enlaces redundantes activos. De este modo aumentamos la disponibilidad del Core, el ancho de banda de conexión de éste con los switches de distribución, y evitamos utilizar el protocolo de spanning tree.

Figura 8.16 Arquitectura Lógica del edificio Aulas II tras la aplicación de la mejora



Salida al exterior

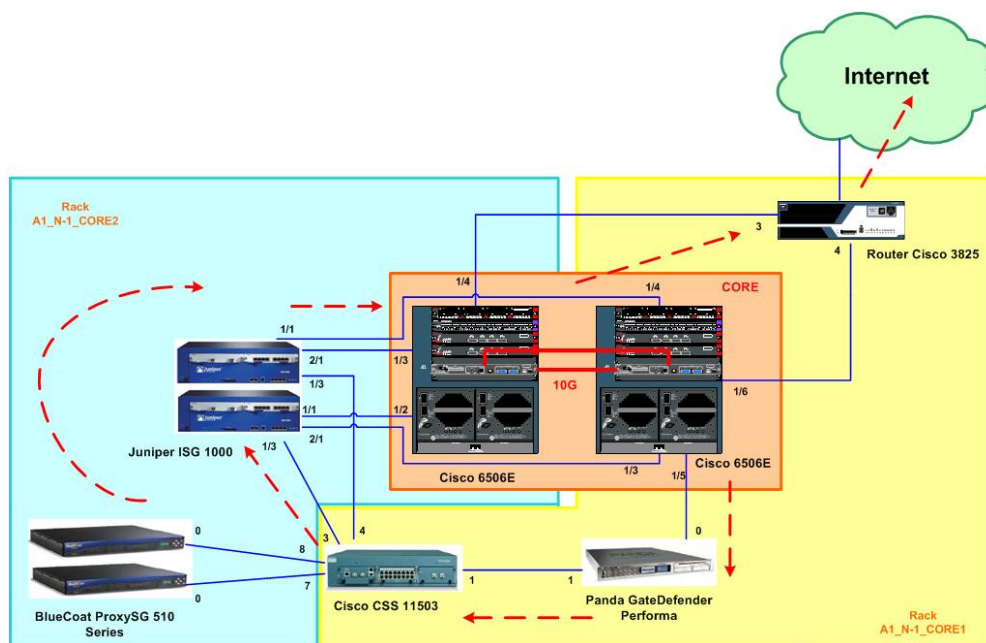
Uno de los puntos en los que se detectó un mayor número de fallos durante la auditoría fue la salida al exterior de la red del Campus. Ésta se realiza a través de una serie de equipos que cumplen funciones de seguridad (firewalls, proxies, etc.), y que en su mayoría no contaban con redundancia, con los riesgos que ello conlleva. Uno de los propósitos del nuevo diseño para la red es reducir en la medida de lo posible el número de puntos de fallo de esta salida.

El primero de los puntos de fallo corregido con la mejora propuesta es el Core, que anteriormente contaba con un único equipo Enterasys N7, y ahora cuenta con doble chasis Cisco 6506E. La presencia de dos tarjetas supervisoras (una por chasis) y doble fuente de alimentación en cada equipo, hacen que el Core gane en robustez frente a caídas de la red.

Otro de los puntos débiles del diseño era el switch Intel Express situado entre los firewall Juniper y el router Cisco 3825, pues concentraba en un punto toda la salida a Internet: si este equipo caía, la red se quedaba aislada del exterior. El único propósito de este equipo es interconectar los firewall Juniper para que ambos pertenezcan a una misma VLAN.

La solución que proponemos es prescindir del switch Intel, y hacer pasar la salida de nuevo por el Core Cisco, haciéndoles formar parte de una misma VLAN, y sacando de ahí la salida hacia el router Cisco 3825. De esta manera acabamos con el cuello de botella, proporcionando a la salida de los Juniper una conexión redundada, ya que cada uno de ellos irá conectado a cada uno de los Cisco 6506E, tal y como se muestra en la figura:

Figura 8.17 Nuevo diseño para la salida al exterior de la red del Campus



El Core irá por conectado con el router Cisco 3825 de manera redundante, con un enlace desde cada uno de los switches. Para el resto de equipos de la salida se conserva el esquema tal cual, teniendo en cuenta únicamente que donde antes teníamos el Enterasys N7 ahora tenemos dos equipos Cisco 6500.

La conexión del Panda GateDefender al Core la hemos establecido a través del puerto 1/5 (que se corresponde con el puerto 5 de la tarjeta de 48 puertos RJ-45 que lleva montado el 6506E del rack A1_N-1_CORE1), pudiéndola haber establecido

perfectamente contra el otro switch 6500, pues al funcionar como un sólo equipo (gracias al Virtual Switching), no está activo es HSRP en el Core.

NESA sugeriría como mejora pendiente de realización por la administración de la red de la Universidad, la instalación de un segundo equipo Panda GateDefender para acabar también con ese punto de fallo y proporcionar redundancia. El actual diseño no puede ofrecerla debido a que el GateDefender cuenta únicamente con dos puertos Ethernet, los cuales están dedicados uno a entrada (desde el Core), y otro a salida (hacia el balanceador Cisco 11503).

8.3 Equipamiento a reemplazar frente a equipamiento ofertado

En este punto vamos a aprovechar la información recogida a lo largo de la auditoría de red para realizar un desglose del estado de los Racks de comunicaciones, antes y después de la implantación de la mejora propuesta durante el punto anterior.

En primer lugar se muestra a continuación, para cada edificio del Campus, una tabla comparativa entre el equipamiento inventariado durante la fase de consultoría, y el instalado después de la sustitución del mismo en la fase de mejora. Se incluye también la electrónica instalada en el edificio Aulas IV durante la ejecución de la primera parte de este proyecto. Con todo ello tendremos recogido en un mismo lugar la totalidad del equipamiento de red con el que contará la Universidad X tras la finalización de todas las actuaciones comprendidas dentro del marco de este proyecto.

Tabla 8.2 Electrónica edificio Aulas I antes y después de la renovación

Rack	Electrónica antes de la propuesta de mejora	Electrónica después de la propuesta de mejora
Planta Sótano (N-1)		
A1_N-1_CORE1	<p>Un switch Entesarys 7C107 Matrix N7 Chasis con:</p> <p>1 x 7G4270-12: Platinum DFE, (12) 1000Base-X mini-GBIC Slots</p> <p>2 x 7G4202-30: 30 PORT 10/100/1000 MODULE</p> <p>1 x 7K4290-02: DFE-Platinum module with 2 10-Gbps Ethernet port spots</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 6506E con:</p> <p>1 x VS-S720-10G: tarjeta supervisora 720 2-port 10GE (Req. X2)</p> <p>2 x X2-10GB-SR</p> <p>1 x WS-X6748-GE-TX: 48-port 10/100/1000 RJ-45</p> <p>2 x WS-X6704-10GE: 4-port 10 Gigabit Ethernet Module (Req. XENPAKs)</p> <p>6 x XENPAK-10GB-LRM</p> <p>1 x WS-X6748-SFP: 48-port</p>

		<p>GigE Mod (Req. SFPs)</p> <p>48 x GLC-SX-MM</p> <p>Equipos de salida al exterior:</p> <p>1 x Firewall-Proxy Panda GateDefender</p> <p>1 x Balanceador Cisco CSS11503, con módulo 8 puertos Ethernet (CSS5-IOM-8FE)</p> <p>1 x Router Cisco 3825</p>
A1_N-1_CORE2	<p>Equipos de salida al exterior:</p> <p>1 x Firewall-Proxy Panda GateDefender</p> <p>1 x Balanceador Cisco CSS11503, con módulo 8 puertos Ethernet (CSS5-IOM-8FE)</p> <p>2 x BlueCoat ProxySG 510Series</p> <p>2 x Firewall Juniper ISG1000 con módulo 8 puertos Ethernet NS-ISG-FE8</p> <p>1 x Switch Intel Express 510T</p> <p>1 x Router Cisco 3825</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 6506E con:</p> <p>1 x VS-S720-10G: tarjeta supervisora 720 2-port 10GE (Req. X2)</p> <p>2 x X2-10GB-SR</p> <p>1 x WS-X6748-GE-TX: 48-port 10/100/1000 RJ-45</p> <p>2 x WS-X6704-10GE: 4-port 10 Gigabit Ethernet Module (Req. XENPAKs)</p> <p>6 x XENPAK-10GB-LRM</p> <p>1 x WS-X6748-SFP: 48-port GigE Mod (Req. SFPs)</p> <p>48 x GLC-SX-MM</p> <p>Equipos de salida al exterior:</p> <p>2 x BlueCoat ProxySG 510Series</p> <p>2 x Firewall Juniper ISG1000 con módulo 8 puertos Ethernet NS-ISG-FE8</p>
A1_N-1_D-	Distribución: 3 switches	Distribución: 1 switch Cisco

LABS	<p>Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con:</p> <p>4 x SFP/1000Base-T Combo</p> <p>Acceso: un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Catalyst 4507R con:</p> <p>2 x WS-X45-SUP6-E/2: tarjeta supervisora 2-port 10GE (Req. X2)</p> <p>2 x X2-10GB-SR</p> <p>1 x WS-X4424-GB-RJ45: 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)</p> <p>1 x WS-X4418-GB: 18-Ports (Req. GBICs)</p> <p>20 x WS-G5484: 1000BASE-SX Short Wavelength GBIC</p> <p>Acceso: un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
Planta Baja (N0)		
A1_N0_AULAS	<p>Tres switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Tres switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, dos de ellos equipados con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM (uno en el primero de la pila y otro en el tercero)</p>
A1_N0_INF1	<p>Un switch Enterasys C2H124-48, equipado con:</p> <p>1 x MGBIC-LC01</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
A1_N0_INF2	<p>Un switch Enterasys C2H124-48, equipado con:</p> <p>1 x MGBIC-LC01</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
Planta Primera (N1)		
A1_N1_AULAS1	<p>Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM</p>
A1_N1_AULAS2	<p>Tres switches Alcatel OS6850-24, apilados, uno de ellos equipado con:</p>	<p>Tres switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, dos de ellos equipados con:</p>

	1 x SFP-GIG-SX	1 x GLC-SX-MM (uno en el primero de la pila y otro en el tercero)
Planta Segunda (N2)		
A1_N2_AULAS	Tres switches Alcatel OS6850-24, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Tres switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, dos de ellos equipados con: 1 x GLC-SX-MM (uno en el primero de la pila y otro en el tercero)
A1_N2_DESP	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
Planta Tercera (N3)		
A1_N3_DESP1	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con: 1 x GLC-SX-MM
A1_N3_DESP2	Tres switches Alcatel OS6850-24, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Tres switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, dos de ellos equipados con: 1 x GLC-SX-MM (uno en el primero de la pila y otro en el tercero)

Tabla 8.3 Electrónica edificio Aulas II antes y después de la renovación

Rack	Electrónica antes de la propuesta de mejora	Electrónica después de la propuesta de mejora
Planta Baja (N0)		
A2_N0_D-ADMON	Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con: 4 x SFP/1000Base-T Combo Acceso: un switch Alcatel OS6850-24, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Distribución: 1 switch Cisco Catalyst 4507R con: 2 x WS-X45-SUP6-E/2: tarjeta supervisora 2-port 10GE (Req. X2) 2 x X2-10GB-SR 1 x WS-X4424-GB-RJ45: 24-port 10/100/1000 Module (RJ45) 1 x WS-X4418-GB: 18-Ports

		(Req. GBICs) 20 x WS-G5484: 1000BASE-SX Short Wavelength GBIC Acceso: un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
A2_N0_AULAS	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con: 1 x GLC-SX-MM
A2_N0_INF1	Un switch Enterasys C2H124-48, equipado con: 1 x MGBIC-LC01	Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
A2_N0_INF2	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
Planta Primera (N1)		
A2_N1_AULAS-LABS	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con: 1 x GLC-SX-MM
Planta Segunda (N2)		
A2_N2_AULAS	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
A2_N2_DESP	Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
Planta Tercera (N3)		
A2_N3_DESP	Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con: 1 x SFP-GIG-SX	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con: 1 x GLC-SX-MM

Tabla 8.4 Electrónica edificio Aulas III antes y después de la renovación

Rack	Electrónica antes de la propuesta de mejora	Electrónica después de la propuesta de mejora
Planta Baja (N0)		
A3_N0_D-MAGNA	<p>Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con:</p> <p>4 x SFP/1000Base-T Combo</p> <p>Acceso: dos switches Alcatel OS6850-24 apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Distribución: 1 switch Cisco Catalyst 4507R con:</p> <p>2 x WS-X45-SUP6-E/2: tarjeta supervisora 2-port 10GE (Req. X2)</p> <p>2 x X2-10GB-SR</p> <p>1 x WS-X4424-GB-RJ45: 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)</p> <p>1 x WS-X4418-GB: 18-Ports (Req. GBICs)</p> <p>20 x WS-G5484: 1000BASE-SX Short Wavelength GBIC</p> <p>Acceso: dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM</p>
Planta Primera (N1)		
A3_N1_AULAS	<p>Dos switches Alcatel OS6850-48, apilados, uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM</p>
Planta Segunda (N2)		
A3_N2_AULAS	<p>Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
A3_N2_DESP	<p>Un switch Alcatel OS6850-48, equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>

Tabla 8.5 Electrónica edificio Aulas IV antes y después de la renovación

Rack	Electrónica antes de la propuesta de mejora	Electrónica después de la propuesta de mejora
Planta Baja (N0)		
A4_N0_D-AU-LBS		<p>Distribución: un switch Cisco Catalyst 4507R con:</p> <p>2 x WS-X45-SUP6-E/2: tarjeta supervisora 2-port 10GE (Req. X2)</p> <p>2 x X2-10GB-SR</p> <p>1 x WS-X4424-GB-RJ45: 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)</p> <p>1 x WS-X4418-GB: 18-Ports (Req. GBICs)</p> <p>20 x WS-G5484: 1000BASE-SX Short Wavelength GBIC</p> <p>Acceso: un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
A4_N0_INF1		<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
A4_N0_INF2		<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
Planta Primera (N1)		
A4_N1_AULAS-LABS		<p>Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM</p>
Planta Segunda (N2)		
A4_N2_AULAS		<p>Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM</p>
Planta Tercera (N3)		

A4_N3_DESP		<p>Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:</p> <p>1 x GLC-SX-MM</p>
------------	--	---

Tabla 8.6 Electrónica Biblioteca antes y después de la renovación

Rack	Electrónica antes de la propuesta de mejora	Electrónica después de la propuesta de mejora
Planta Sótano (N-1)		
B_N-1_D-ST	<p>Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con:</p> <p>4 x SFP/1000Base-T Combo</p> <p>Acceso: un switch Alcatel OS6850-24 equipado con:</p> <p>1 x SFP-GIG-SX</p>	<p>Distribución: 1 switch Cisco Catalyst 4507R con:</p> <p>2 x WS-X45-SUP6-E/2: tarjeta supervisora 2-port 10GE (Req. X2)</p> <p>2 x X2-10GB-SR</p> <p>1 x WS-X4424-GB-RJ45: 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)</p> <p>1 x WS-X4418-GB: 18-Ports (Req. GBICs)</p> <p>20 x WS-G5484: 1000BASE-SX Short Wavelength GBIC</p> <p>Acceso: un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
B_N-1_INF	<p>Un switch HP ProCurve 2650 (J8165A) equipado con:</p> <p>1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
Planta Baja (N0)		
B_N0_SL	<p>Un switch HP ProCurve 2626 (J4900C) equipado con:</p> <p>1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p> <p>2 x GLC-SX-MM</p>
Planta Primera (N1)		
B_N1_SL	<p>Un switch HP ProCurve 2626 (J4900C) equipado con:</p>	<p>Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con:</p>

	1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)	2 x GLC-SX-MM
Planta Segunda (N2)		
B_N2_SL-OF	Un switch HP ProCurve 2626 (J4900C) equipado con: 1 x Gigabit-SX-LC Mini-GBIC (J4858C)	Un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM

Tabla 8.7 Electrónica Residencia antes y después de la renovación

Rack	Electrónica antes de la propuesta de mejora	Electrónica después de la propuesta de mejora
Planta Baja (N0)		
R_N0_D-SERV	Distribución: 2 switches Alcatel OS6800-48 apilados, equipados cada uno con: 4 x SFP/1000Base-T Combo Acceso: un switch Enterasys C2H124-48, equipado con: 1 x MGBIC-LC01	Distribución: 1 switch Cisco Catalyst 4507R con: 2 x WS-X45-SUP6-E/2: tarjeta supervisora 2-port 10GE (Req. X2) 2 x X2-10GB-SR 1 x WS-X4424-GB-RJ45: 24-port 10/100/1000 Module (RJ45) 1 x WS-X4418-GB: 18-Ports (Req. GBICs) 20 x WS-G5484: 1000BASE-SX Short Wavelength GBIC Acceso: un switch Cisco Catalyst 3750G-48PS con: 2 x GLC-SX-MM
Planta Primera (N1)		
R_N1	Dos switches Enterasys C2H124-48 apilados, uno de ellos equipado con: 1 x MGBIC-LC01	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con: 1 x GLC-SX-MM
Planta Segunda (N2)		
R_N2	Dos switches Enterasys C2H124-48 apilados, uno de ellos equipado con:	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con:

	1 x MGBIC-LC01	1 x GLC-SX-MM
Planta Tercera (N3)		
R_N3	Dos switches Enterasys C2H124-48 apilados, uno de ellos equipado con: 1 x MGBIC-LC01	Dos switches Cisco Catalyst 3750G-48PS, apilados, cada uno de ellos equipado con: 1 x GLC-SX-MM

La configuración del nuevo equipamiento recogido en el cuadro anterior será llevada a cabo por técnicos de redes de NESA, a los que acompañarán, tal y como detallaremos en el punto siguiente, técnicos de cableado, que se encargarán de realizar la sustitución física de la electrónica de red. Se aprovechará la sustitución para realizar una puesta a punto de los Racks de comunicaciones, reordenando cableado, eliminando el innecesario, y limpiando el interior de los armarios. Con ello se pretende mejorar la imagen que presentan los Racks, y que fue recogida en la parte de consultoría.

En cuanto al nivel de ocupación de los puertos, en la mayoría de los casos, al realizarse una sustitución directa de un equipo de 48 puertos por otro similar, el porcentaje de puertos libres se mantiene. Si acaso ganamos algún puerto en los casos en los que se sustituye un switch de acceso Alcatel por uno Cisco, pues los Alcatel tienen solo 44 de sus 48 puertos dedicados a Ethernet (los otros son puertos combo), mientras en los Cisco Catalyst 3750G-48PS, los 48 puertos son 10/100/1000 (los puertos SFP van aparte).

En el caso de los switches de distribución, observamos un aumento del porcentaje de ocupación de los puertos. Esto se debe a que anteriormente, para conseguir los puertos de 1G necesarios para interconectar la capa de distribución con los distintos switches de acceso, se creaban pilas (stacks) de equipos de 48 puertos Ethernet. Una gran cantidad de esos puertos quedaban sin usar, lo que se reflejaba en valores muy bajos (entre 20-30%) de ocupación. Al sustituirse dicha electrónica por un equipo modular Catalyst 4507R, con un módulo de 18 puertos a 1G, y un único módulo de 24 puertos 10/100/1000 RJ-45, el porcentaje de puertos en desuso es menor.

Por otro lado, cabe resaltar que se ha llevado a cabo una política de sustitución 1:1 en los equipos de acceso, fueran equipos tanto de 24 puertos como de 48. Esto quiere decir que, en aquellos armarios en los que había equipos (formando o no una pila) de 24 puertos, han sido sustituido por equipos de 48. En estos casos, el porcentaje de ocupación disminuye notablemente, ganando en puertos libres. Esto ocurre únicamente en algunos Racks del edificio Aulas I: A1_N1_AULAS2, A1_N2_AULAS y A1_N3_DESP2.

La tabla siguiente muestra la comparativa de los niveles de ocupación de los puertos antes y después de la aplicación de la mejora en la red:

Tabla 8.8

Nivel de ocupación de los puertos de la electrónica de acceso y distribución del Campus antes y después de la renovación

Edificio	Planta	Rack	Ocupación Anterior (%)	Ocupación Actual (%)
Aulas I	Planta Sótano (N-1)	A1_N-1_CORE1	13%	14% ⁶⁰
		A1_N-1_CORE2	N.A. ⁶¹	14%
		A1_N-1_D-LABS	23%	58%
	Planta Baja (N0)	A1_N0_AULAS	64%	64%
		A1_N0_INF1	96%	96%
		A1_N0_INF2	63%	63%
	Planta Primera (N1)	A1_N1_AULAS1	81%	81%
		A1_N1_AULAS2	80%	33%
	Planta Segunda (N2)	A1_N2_AULAS	100%	41%
		A1_N2_DESP	91%	91%
	Planta Tercera (N3)	A1_N3_DESP1	86%	86%
		A1_N3_DESP2	90%	41%
Aulas II	Planta Baja (N0)	A2_N0_D-ADMON	39%	62%
		A2_N0_AULAS	68%	68%
		A2_N0_INF1	73%	73%
		A2_N0_INF2	57%	57%
	Planta Primera (N1)	A2_N1_AULAS-LABS	82%	82%
	Planta Segunda (N2)	A2_N2_AULAS	91%	91%
		A2_N2_DESP	55%	55%
	Planta Tercera (N3)	A2_N3_DESP	84%	84%
Aulas III – Aula Magna	Planta Baja (N0)	A3_N0_D-MAGNA	20%	36%
	Planta Primera (N1)	A3_N1_AULAS	68%	68%
	Planta Segunda (N2)	A3_N2_AULAS	73%	73%
		A3_N2_DESP	68%	68%
Aulas IV	Planta Baja (N0)	A4_N0_D-AU-LBS	N.A. ⁶²	49%
		A4_N0_INF1	N.A.	50%
		A4_N0_INF2	N.A.	58%
	Planta	A4_N1_AULAS	N.A.	58%

⁶⁰ Para el cálculo de la ocupación en este Rack y del A1_N-1_CORE2 se han tenido en cuenta únicamente los puertos de los Catalyst 6506.

⁶¹ N.A.: No Aplica. Anteriormente en este armario solo había equipos de salida al exterior, los cuales no se han tenido en cuenta para este cálculo.

⁶² N.A.: No Aplica. Edificio Nuevo.

	Primera (N1)	LABS		
	Planta Segunda (N2)	A4_N2_AULAS	N.A.	58%
	Planta Tercera (N3)	A4_N3_DESP	N.A.	63%
Biblioteca	Planta Sótano (N-1)	B_N-1_D-ST	13%	22%
		B_N-1_INF	67%	67%
	Planta Baja (N0)	B_N0_SL	92%	92%
	Planta Primera (N1)	B_N1_SL	83%	83%
	Planta Segunda (N2)	B_N2_SL-OF	100%	100%
Residencia	Planta Baja (N0)	R_N0_D-SERV	22%	38%
	Planta Primera (N1)	R_N1	83%	83%
	Planta Segunda (N2)	R_N2	83%	83%
	Planta Tercera (N3)	R_N3	83%	83%

8.4 Otros aspectos de la propuesta de mejora

Al igual que ocurría en el Capítulo 5 – Definición del proyecto –, una vez expuesta toda la información técnica de la mejora, tenemos que ocuparnos de definir otros aspectos que también debemos tener en cuenta a la hora de presentar nuestra propuesta. Nos referimos a la garantía y mantenimiento que se deben ofrecer, la planificación del proyecto, y su coste estimado.

Garantía y Mantenimiento

En este caso contaremos con dos tipos distintos de contrato de mantenimiento, en función del tipo de equipo ofertado.

Para los equipos de distribución y acceso (switches Catalyst 4507R y 3750G), se ofrece un servicio 8x5xNBD similar al ofertado para el edificio Aulas IV, y que cuenta con:

- **Tiempo de recepción de incidencias en horario de:** lunes a viernes de 8:00 a 18:00h.
- **Tiempo de respuesta:** 4 horas desde la recepción de la incidencia.

- **Tiempo de resolución:** NBD (Next Business Day).

Sin embargo, los dos switches Catalyst 6506E que conforman el Core de la red, necesitan de un mayor nivel de mantenimiento, pues una caída de los mismos supondría una situación crítica en la red. Por ello se oferta un servicio de mantenimiento 24x7x4, que cuenta con:

- **Tiempo de recepción de incidencias en horario de:** lunes a domingo las 24 horas.
- **Tiempo de respuesta:** 4 horas desde la recepción de la incidencia.
- **Tiempo de resolución:** 4 horas desde la recepción de la incidencia.

En la propuesta se incluye la garantía por todas aquellas averías que puedan producirse derivadas de un uso normal de los equipos para un tiempo de utilización de 24 horas al día. Todas aquellas que se produzcan por motivos de causa mayor, así como por usos indebidos quedan excluidas, como ya se comentó cuando hablamos de la garantía de los equipos del nuevo edificio.

Planificación

A continuación presentamos una planificación orientativa propuesta por NESA para acometer la sustitución de equipos e implantación de la nueva electrónica. Las fechas propuestas, así como la duración de las tareas, pueden verse modificadas por el cliente o por circunstancias surgidas durante el desarrollo del proyecto.

Figura 8.18 Planificación de la propuesta de mejora



Cabe destacar que la tarea *Migración de los equipos y puesta en funcionamiento* implicará cortes en el servicio para poder desconectar todo el cableado del equipamiento actual y conectarlo a los puertos del nuevo. Por ello se llevará a cabo durante cinco días, uno por cada edificio a migrar (el edificio Aulas IV no implica ninguna sustitución), y en las horas que nos sean indicadas por el personal de la Universidad, a fin de causar el menor impacto sobre el servicio.

Equipo de Trabajo

Respecto al desempeño de las tareas que componen el proyecto, NESA aportará personal cualificado según la actividad. Este personal actuará bajo la responsabilidad de NESA, y será presentado a los responsables del departamento de Comunicaciones de la Universidad.

Para acometer la renovación de la electrónica de la red actual, así como la puesta a punto de los Racks de comunicaciones, aportaremos un equipo de trabajo compuesto por los siguientes perfiles:

- 3 x Técnicos de Redes.
- 2 x Técnicos de Cableado.

Todo el personal anteriormente citado será dirigido en última instancia por un Jefe de Proyecto, proporcionado por NESA, y que será el encargado de supervisar el correcto desempeño de las tareas y funciones, el cumplimiento de los plazos, además de servir de nexo de unión entre el personal de NESA y los responsables de comunicaciones de la Universidad.

Estimación Económica

A continuación se ofrece un resumen de la oferta económica presentada por parte de NESA a la Universidad X para abordar la renovación de la electrónica de su red de comunicaciones:

Tabla 8.9 **Resumen de económico de la oferta técnica**

Concepto	Importe
Diseño e Instalación	24.734 €
Equipamiento	851.947 €
Total Oferta (I.V.A. 16% incluido)	1.016.949,92 €

En el anexo *Oferta Económica Propuesta de Mejora* puede encontrarse el desglose completo de la oferta con todas las tareas, equipos y su coste.

8.5 Conclusiones

Cuando la Universidad X encargó el presente proyecto a NESAs, tenía dos objetivos fundamentales: por un lado, instalar la infraestructura y el cableado de red necesarios para conectar su nuevo edificio, Aulas IV, a su red de comunicaciones; por otro, siendo consciente de la cantidad de equipamiento instalado actualmente en su red, durante distintos proyectos llevados a cabo en el pasado, y los problemas que ello conlleva, obtener a través de una consultoría de comunicaciones, un informe detallado del estado en que se encontraba la misma.

De todo ello nos hemos ocupado en los capítulos anteriores, detallando, en el caso del Capítulo 6 - Auditoría de la red actual -, las carencias y necesidades de una red, que demandaba una renovación y optimización en su totalidad. El siguiente paso lógico era presentar una propuesta de diseño que permitiera a la Universidad contar con una red de calidad, capaz de ofrecer servicios de calidad y dar soporte a las aplicaciones y necesidades demandadas por sus usuarios. Ese paso es el que hemos desarrollado a lo largo de este capítulo.

Siguiendo la línea de diseño propuesta cuando hablamos del edificio Aulas IV, se ha propuesto una arquitectura multicapa, compuesta por equipos del fabricante Cisco Systems, con el fin de acabar con uno de los principales problemas con el que contaba la actual red: la gran heterogeneidad del equipamiento. Para la sustitución de los equipos de las capas de distribución y acceso se han utilizado los mismos modelos y configuraciones que en Aulas IV, manteniendo el número de puertos disponibles, y aumentándolo en algunos casos (edificio Aulas I).

La gran novedad del diseño propuesto, es la sustitución del actual equipo Enterasys N7 de Core por dos modelos Catalyst 6506E de Cisco. Con esta acción, ganamos en redundancia, así como en protección de la red frente a fallos y caídas de los enlaces. Se ha corregido además el diseño de la salida a Internet de la red, modificando el conexionado de algunos equipos, reduciendo a la mitad los puntos de fallo detectados durante de auditoría.

Se ha aprovechado también la labor de sustitución de los equipos actuales para mejorar el estado actual de los Racks de comunicaciones, en su mayoría deficiente, procediendo con la limpieza de los mismos, así como un correcto cableado, eliminando elementos redundantes o innecesarios, y documentando el contenido de los mismos.

Capítulo 9

Implantación de la propuesta de mejora de la red actual

9.1 Introducción

En los capítulos anteriores, hemos presentado y desarrollado el caso de estudio, cuyo objetivo era ofrecer una perspectiva de las distintas fases de un proyecto de telecomunicaciones, concretamente, de un proyecto de redes telemáticas.

Se ha realizado una auditoría de la red de la Universidad X, así como se han expuesto los diseños de red para el nuevo edificio del Campus y la renovación de la actual electrónica. Sin embargo, sólo en la consultoría hemos expuesto resultados prácticos. En el resto de capítulos, se ha definido todo *sobre el papel*, desde un punto de vista teórico.

Llegados a este punto, cabe preguntarse cómo llevamos a la práctica las ideas y diseños ofertados al cliente. ¿Qué acciones debemos llevar a cabo para instalar los equipos que componen la solución? ¿Y cómo configurarlos? ¿Cómo podemos mejorar el estado de los armarios de comunicaciones? Estas y otras preguntas surgen a la hora de implantar en el cliente lo que presentamos en la oferta.

A lo largo de este capítulo cerraremos el caso de estudio repasando algunos de los aspectos que han de tenerse en cuenta durante la fase de implantación de un proyecto, y que ya fueron introducidos en el Capítulo 4 - Diseño e Implantación de redes tipo Campus en proyectos de telecomunicaciones-, particularizando para el caso concreto de la Universidad X.

Como apunte, aclarar que los procedimientos que se detallarán a continuación, y que son aplicados al caso particular de nuestro proyecto, no son los únicos posibles, pero sí los más apropiados bajo nuestro punto de vista.

Algunos de los aspectos que afrontaremos en este capítulo son los siguientes:

- Acciones a llevar a cabo en los armarios para solucionar el desorden actual.
- Fases de la migración: documentación previa (hoja de asignación), configuración e instalación de los equipos, migración de los servicios, pruebas, etc.

- Direccionamiento de la red.

De igual modo, apuntar que se hará una breve introducción a algunos de los comandos básicos que nos resultaron de utilidad para configurar los equipos, sin profundizar en exceso, pues la configuración de equipos de conmutación y enrutado es una materia que sobrepasa los límites de este proyecto.

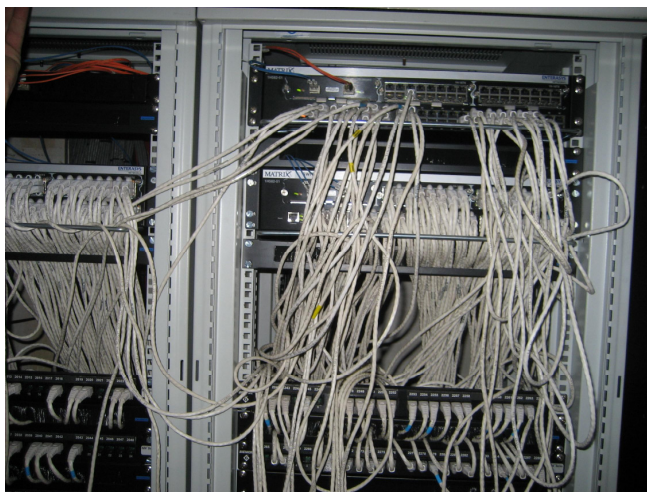
9.2 Acciones a realizar en los armarios

La mayor parte del caso de estudio gira en torno al diseño y los aspectos asociados a la electrónica de red, parte fundamental dentro de un proyecto de redes telemáticas. Sin embargo, para que los equipos instalados puedan llevar a cabo su función, necesitamos de un cableado que los interconecte.

En el edificio Aulas IV, se partía desde cero, teniendo que realizar la instalación de la totalidad del cableado, armarios y elementos asociados a ellos, tal y como se describe en el Capítulo 6 – Definición del proyecto II: Oferta Técnica -. Sin embargo, en el resto de armarios del Campus nos enfrentamos a la sustitución del actual equipamiento por uno nuevo, con la tarea de solventar una carencia importante detectada en la anterior instalación. Como quedó reflejado en el Capítulo 7 – Auditoría de la red actual -, el estado de los armarios de comunicaciones de la red era en la mayoría de los casos deficiente, presentando entre otras, las siguientes características:

- Desorden del cableado.
- Falta de identificación de los latiguillos.
- Mala distribución de los elementos en el Rack.
- Deterioro de los armarios: suciedad, cables desconectados, restos de trabajos de cableado anteriores, etc.

Figura 9.1 Ejemplo de Rack mal distribuido (electrónica encima de los paneles de cableado horizontal) y con cableado desordenado

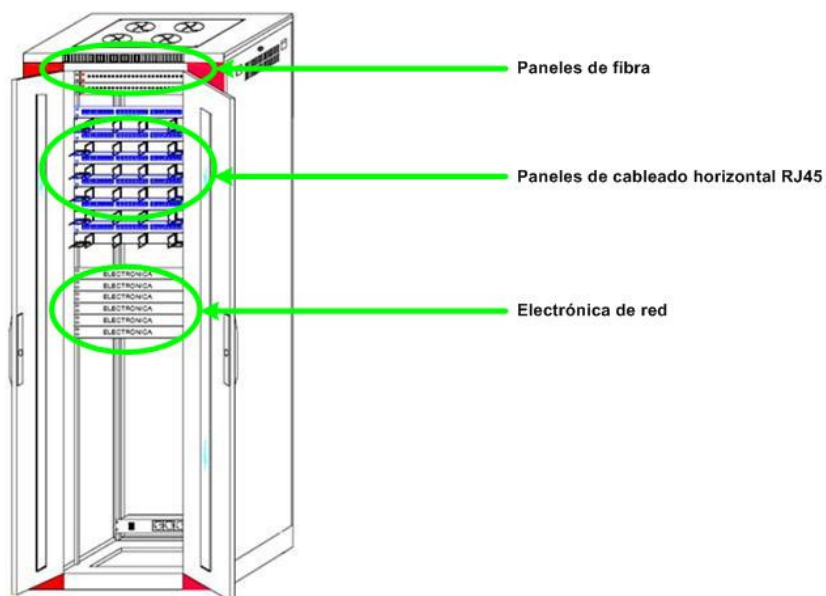


Aprovechando la retirada del equipamiento actual de la red, para instalar el nuevo descrito en el capítulo anterior, se llevó a cabo un acondicionamiento y reordenación de los armarios de comunicaciones, siguiendo para ello las siguientes pautas:

- En la parte superior se alojarán los paneles de fibra.
- Posteriormente, los paneles de cableado horizontal. Se dejarán un par de U⁶³ entre éstos y la electrónica, para que los paneles de cableado puedan crecer hacia abajo si fuera necesario.
- Bajo el cableado horizontal, situaremos los equipos de electrónica de red.
- Los paneles de telefonía (en caso de haberlos) se colocarían debajo de los equipos de electrónica, dejando espacio entre ellos, para poder crecer hacia arriba.
- Finalmente, si tuviéramos SAIs⁶⁴, éstos se colocarían abajo del todo, debido a que su peso es mayor.
- Los pasahilos verticales y horizontales se configurarán entre los paneles de interconexión.

En la siguiente figura se muestra de manera esquemática cómo quedaría un Rack siguiendo las pautas anteriores:

Figura 9.2 Ejemplo de armario (Rack) bien distribuido



⁶³ *Unidad Rack.* Es una unidad de medida que define la altura del equipamiento preparado para ser montado en un armario de 19 ó 23 pulgadas de ancho. Una unidad Rack equivale a 1,75 pulgadas (44.45 mm) de alto.

⁶⁴ *Sistema de Alimentación Ininterrumpida.*

A continuación se muestra una tabla donde se recogen las acciones realizadas en cuanto al cableado y elementos asociados en cada armario. El hecho de que mencionemos en primer lugar estas acciones no significa que se deba comenzar por la realización de las mismas. Éstas fueron llevadas a cabo por técnicos de cableado que apoyaron a los técnicos de redes durante la instalación, y trabajaron en paralelo junto a ellos.

Tabla 9.1 Acciones realizadas en los armarios del edificio Aulas I

Rack	Características del cableado ubicado en cada armario	Acciones a realizar
Planta Sótano (N-1)		
A1_N-1_CORE1	<p>3 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación⁶⁵ de un 4% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo Core existente (Enterasys N7)</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (Catalyst 6506E y algunos equipos de salida al exterior, anteriormente en A1_N-1_CORE2: Panda GateDefender, Cisco CSS11503 y Router Cisco 3825)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas</p>

⁶⁵ Con ocupación nos referimos en este caso al número de puertos del panel RJ45 parcheados a la electrónica del armario. No confundir con la ocupación que mencionábamos en el capítulo anterior, la cual se refería al porcentaje de puertos utilizados de la electrónica.

		<p>descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
A1_N-1_CORE2	<p>3 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 6% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de algunos equipos de salida al exterior para su instalación en A1_N-1_CORE1 (Panda GateDefender, Cisco CSS11503 y Router Cisco 3825)</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (Catalyst 6506E) reordenación de algunos equipos de salida al exterior ya existentes (2 x BlueCoat ProxySG 510Series y 2 x Firewall Juniper ISG1000)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los</p>

		enlaces
A1_N-1_D-LABS	<p>2 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 68% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 4 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch Cisco Catalyst 4507R y 1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Instalación de bandeja de 19"</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Baja (N0)		
A1_N0_AULAS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>6 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 67% del</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (3 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p>

	total de puertos RJ45	<p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas.</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes.</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas.</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces.</p>
A1_N0_INF1	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 96% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p>

		Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas
A1_N0_INF2	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 63% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p>
Planta Primera (N1)		
A1_N1_AULAS1	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 75% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas</p>

		descritas
A1_N1_AULAS2	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>3 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 67% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (3 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Instalación de 3 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p>
Planta Segunda (N2)		
A1_N2_AULAS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>3 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (3 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Instalación de 3 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y</p>

		<p>telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
A1_N2_DESP	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Sustitución del panel metálico en el que se encuentra instalado el</p>

		<p>regletero tipo Krone de telefonía, por uno de menores dimensiones</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Tercera (N3)		
A1_N3_DESP1	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 73% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p>
A1_N3_DESP2	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>3 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (3 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Instalación de 3 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar</p>

		<p>de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Sustitución del panel metálico en el que se encuentra instalado el regletero tipo Krone de telefonía, por uno de menores dimensiones</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
--	--	--

Tabla 9.2 Acciones realizadas en los armarios del edificio Aulas II

Rack	Características del cableado ubicado en cada armario	Acciones a realizar
Planta Baja (N0)		
A2_N0_D-ADMON	<p>2 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch Cisco Catalyst 4507R y 1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de</p>

		<p>interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
A2_N0_AULAS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 42% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
A2_N0_INF1	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 67% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>

A2_N0_INF2	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 52% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Primera (N1)		
A2_N1_AULAS-LABS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 75% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Instalación de bandeja de 19"</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Segunda (N2)		
A2_N2_AULAS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran</p>

	Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45	distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión
A2_N2_DESP	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 50% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Sustitución del panel metálico en el que se encuentra instalado el regletero tipo Krone de telefonía, por uno de menores dimensiones</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Tercera (N3)		
A2_N3_DESP	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 77% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según</p>

		<p>las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Sustitución del panel metálico en el que se encuentra instalado el regletero tipo Krone de telefonía, por uno de menores dimensiones</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
--	--	--

Tabla 9.3 Acciones realizadas en los armarios del edificio Aulas III

Rack	Características del cableado ubicado en cada armario	Acciones a realizar
Planta Baja (N0)		
A3_N0_D-MAGNA	<p>2 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 50% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 4 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch Cisco Catalyst 4507R y 2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Instalación de 2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas</p>

		<p>autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Primera (N1)		
A3_N1_AULAS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 63% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Instalación de bandeja de 19"</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Segunda (N2)		
A3_N2_AULAS	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran</p>

	Ocupación de un 67% del total de puertos RJ45	distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión
A3_N2_DESP	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 63% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Sustitución del panel metálico en el que se encuentra instalado el regletero tipo Krone de telefonía, por uno de menores dimensiones</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>

Tabla 9.4 Acciones realizadas en los armarios de la Biblioteca

Rack	Características del cableado ubicado en cada armario	Acciones a realizar
Planta Sótano (N-1)		
B_N-1_D-ST	<p>2 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 21% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch Cisco Catalyst 4507R y 1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p>

		<p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
B_N-1_INF	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 67% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Baja (N0)		
B_N0_SL	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>1 panel de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 92% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p>
Planta Primera (N1)		
B_N1_SL	1 panel de fibra óptica	Retirada del equipo existente

	<p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>1 panel de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p>
Planta Segunda (N2)		
B_N2_SL-OF	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>1 panel de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 100% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada del equipo existente</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p>

Tabla 9.5 Acciones realizadas en los armarios de la Residencia

Rack	Características del cableado ubicado en cada armario	Acciones a realizar
Planta Baja (N0)		
R_N0_D-SERV	<p>2 paneles de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>2 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 58% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 3 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (1 switch Cisco Catalyst 4507R y 1 switch WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se</p>

		<p>utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Primera (N1)		
R_N1	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Sustitución del panel metálico en el que se encuentra instalado el regletero tipo Krone de telefonía, por uno de menores dimensiones</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Segunda (N2)		
R_N2	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p>

	<p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Ordenación de los latiguillos de interconexión, tanto de cobre para datos y telefonía, como de fibra óptica para enlaces uplink. Esta ordenación se realizó según las pautas ya descritas</p> <p>Para la ordenación de latiguillos se utilizaron cintas de velcro, en lugar de bridas plásticas autoblocantes</p> <p>Instalación de bandeja de 19"</p> <p>Reordenación de los paneles de interconexión y paneles pasahilos para cumplir con las pautas descritas</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>
Planta Tercera (N3)		
R_N3	<p>1 panel de fibra óptica</p> <p>1 panel de voz de conectores tipo Krone de 100 pares</p> <p>4 paneles de 24 puertos RJ45</p> <p>Ocupación de un 83% del total de puertos RJ45</p>	<p>Retirada de los 2 equipos existentes</p> <p>Instalación del nuevo equipamiento (2 switches WS-C3750G de 48 puertos)</p> <p>Los latiguillos pertenecientes a este armario se encuentran distribuidos de manera correcta, por lo que únicamente se precisa su desconexión y reconexión</p> <p>Reetiquetado de todas las tomas de este armario, para posibilitar la identificación de los enlaces</p>

9.3 Plan de direccionamiento de la red

Durante la configuración de los equipos, debemos ser capaces de asignar a cada equipo de la red una dirección IP que le permita formar parte de ella. Para ello, necesitamos que el cliente nos proporcione la información necesaria acerca del direccionamiento que tiene y quiere en su red.

Como pudimos observar en la fase de auditoría, la Universidad cuenta con dos redes virtuales (VLANs) distintas, siendo las direcciones utilizadas en este punto direcciones privadas, que suponen una representación de las direcciones públicas. La Universidad

tiene por tanto asignados dos rangos de direcciones privadas: la 192.168.4.0, con máscara 255.255.255.0, y la 10.6.216.0, con máscara 255.255.252.0, utilizados de la siguiente manera:

- Uno para la VLAN de gestión de los equipos de la red, con dirección 192.168.4.0/24.
- Otro para la VLAN de usuarios, con dirección 10.6.216.0/22.

La primera de ellas proporciona un direccionamiento privado con 254 direcciones, suficientes para gestionar los 73 equipos de electrónica de red (incluyendo equipos de salida al exterior) presentes en el Campus. Con este direccionamiento aún tendremos 181 direcciones libres, disponibles en caso de un futuro crecimiento de la red.

Podemos ver ejemplos de este direccionamiento en la hoja de asignación de que describiremos más adelante en la figura 9.5:

Figura 9.3 Ejemplo de VLAN de gestión en la hoja de asignación para el armario A1_N-1_CORE1

EQUIPO/SERVICIO ORIGEN	FIBRA-COBRE	PANEL	PUERTA	SWITCH	MODULO	PUERTO	VLAN
CORE2 (Cisco 6506E del Rack A1_N-1_CORE2)	SX			CORE1	5 supervisora	1	TRUNK
CORE2 (Cisco 6506E del Rack A1_N-1_CORE2)	SX			CORE1	5 supervisora	2	TRUNK
Conexión con Juniper 1	C			CORE1	1	3	192.168.4.0/24
Conexión con Juniper 2	C			CORE1	1	4	192.168.4.0/24
Conexión con Panda GateDefender	C					5	192.168.4.0/24
Conexión con Router Cisco 3825 (salida al exterior)	C			CORE1	1	6	192.168.4.0/24
D_AULASI (Cisco 4507R del Rack A1_N-1_CORE1)	LRM			CORE1	3	1	TRUNK

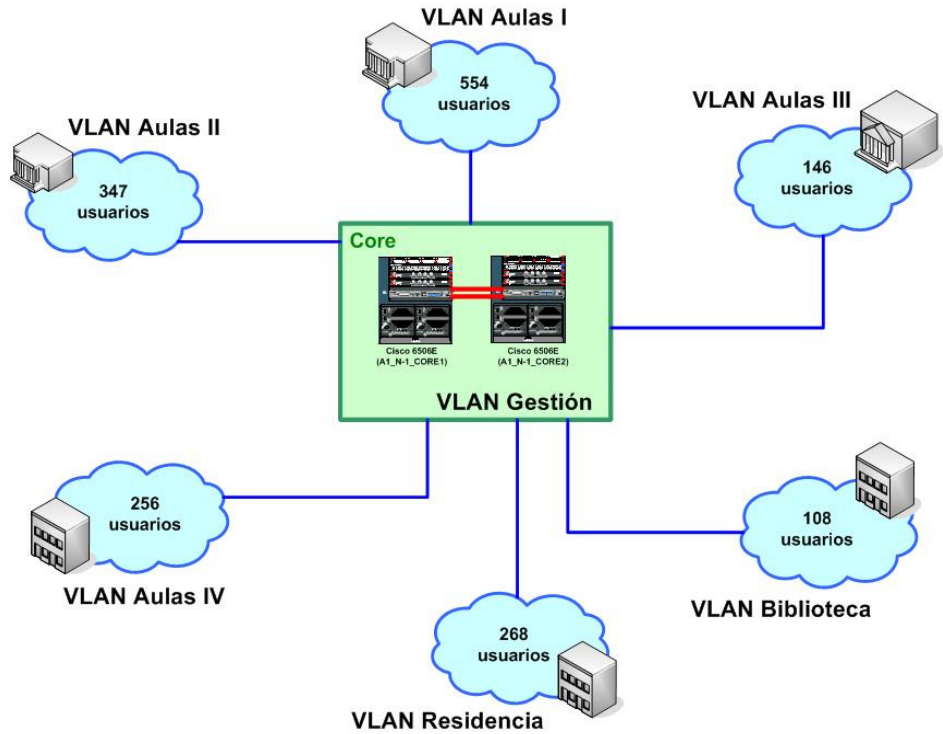
La existencia de una VLAN de gestión es una práctica habitual en redes de gran tamaño. A pesar de que no existe ninguna norma que obligue a su uso, tiene como ventaja que nos permite separar el tráfico de gestión del generado por los usuarios, evitando que posibles congestiones de la red debidas a éste último afecten al tráfico de los equipos de electrónica [To07].

Respecto a la VLAN de usuarios, lo primero a lo que tenemos que prestar atención es que en el paso de la anterior electrónica a la nueva hemos incorporado enlaces de capa 3 entre los switches de distribución y los de Core. Frente al diseño anterior, donde el tráfico viajaba en capa 2 desde el usuario hasta el Core, esta nueva característica supone una importante mejora, pues, entre otras ventajas, evita que el tráfico de broadcast supere la capa de distribución, descongestionando la de Core. La contrapartida es que esto nos obliga a redireccionar la VLAN de usuarios.

Sin embargo, nosotros convertimos este hecho en una ventaja para nuestro diseño. Nos reunimos con el cliente para exponerle nuestras sugerencias, con el fin de acordar

con él un nuevo plan de direccionamiento, en el que se aprovechó el amplio rango de direcciones que nos ofrece la actual VLAN de usuarios (con dirección IP 10.6.216.0/22), para crear mediante subnetting⁶⁶ una VLAN distinta para los usuarios de cada edificio:

Figura 9.4 Nuevas VLAN de los edificios del Campus



Como hemos podido comprobar en la figura anterior, necesitamos crear seis subredes, una por cada edificio del Campus. Mediante el empleo de diferentes máscaras de red en función del número de direcciones necesarias (número de usuarios a los que debemos dar servicio en cada edificio), obtuvimos las siguientes VLANs:

Tabla 9.6 VLANs creadas en la red del Campus tras la migración

Edificio	Número de usuarios	Dirección IP de la VLAN	Número de direcciones	Dirección de broadcast de la VLAN
Aulas I	554	10.6.216.0/22	1022	10.6.219.255
Aulas II	347	10.6.220.0/23	510	10.6.221.255
Aulas III	146	10.6.226.0/24	254	10.6.226.255
Aulas IV	256	10.6.222.0/23	510	10.6.223.255
Biblioteca	108	10.6.227.0/25	126	10.6.227.127
Residencia	268	10.6.224.0/23	510	10.6.225.255

⁶⁶ Técnica a través de la cual dividimos una red de gran tamaño en varias redes de tamaño menor, consiguiendo un mejor aprovechamiento del espacio de direcciones [To07].

Podemos observar cómo en todos los casos el número de direcciones que nos ofrece la VLAN supera al número de direcciones (usuarios) necesario, con lo que quedan direcciones libres para permitir ampliar sin problema el número de usuarios.

9.4 Fases de la migración

En este punto vamos a describir los pasos seguidos durante la migración de la electrónica de red del Campus, siguiendo la planificación definida en el punto 8.4 del capítulo anterior. Las fases enunciadas a continuación están particularizadas para el caso de estudio que nos ocupa, pudiéndose tomar como referencia en casos similares, pero teniendo en cuenta que no son las únicas posibles, pues las acciones a realizar dependerán en gran medida de las características de la instalación del cliente.

Cada una de las fases describe de manera general los pasos a seguir para todos los edificios del Campus, quedando reflejados los detalles y actuaciones particulares de cada armario en las tablas del punto 9.2 de este mismo capítulo.

Primera etapa

En este primer punto se debía completar la tabla de asignación de los módulos y puertos de la nueva electrónica, aplicando la información obtenida de las hojas de asignación de la anterior. Prestamos atención a posibles cambios y novedades, especialmente en los equipos de Core, salida al exterior y distribución.

Esta tabla nos sirvió de guía para la instalación física del equipamiento y nos sirvió para localizar posibles problemas en la conexión física de forma rápida y sencilla, siendo muy importante para el posterior mantenimiento y gestión de la red. Un ejemplo de tabla de asignación sería la mostrada en la figura 9.5.

Figura 9.5 Ejemplo de hoja de asignación para el armario A1_N-1_CORE1

EQUIPO/SERVICIO ORIGEN	FIBRA-COBRE	PANEL	PUERTA	SWTCH	MODULO	PUERTO	VLAN
CORE2 (Cisco 6506E del Rack A1_N-1_CORE2)	SX			CORE1	5 supervisora	1	TRUNK
CORE2 (Cisco 6506E del Rack A1_N-1_CORE2)	SX			CORE1	5 supervisora	2	TRUNK
Conexión con Juniper 1	C			CORE1	1	3	192.168.4.0/24
Conexión con Juniper 2	C			CORE1	1	4	192.168.4.0/24
Conexión con Panda GateDefender	C			CORE1	1	5	192.168.4.0/24
Conexión con Router Cisco 3825 (salida al exterior)	C			CORE1	1	6	192.168.4.0/24
D_AULASI (Cisco 4507R del Rack A1_N-1_D-LABS)	LRM			CORE1	3	1	TRUNK
D_AULASII (Cisco 4507R del Rack A2_N0_D-ADMON)	LRM			CORE1	3	2	TRUNK
D_AULASIII (Cisco 4507R del Rack A3_N0_D-MAGNA)	LRM			CORE1	3	3	TRUNK

Esta tarea se corresponde con la Tarea 2 de la planificación mostrada en la figura 8.18 del Capítulo 8.

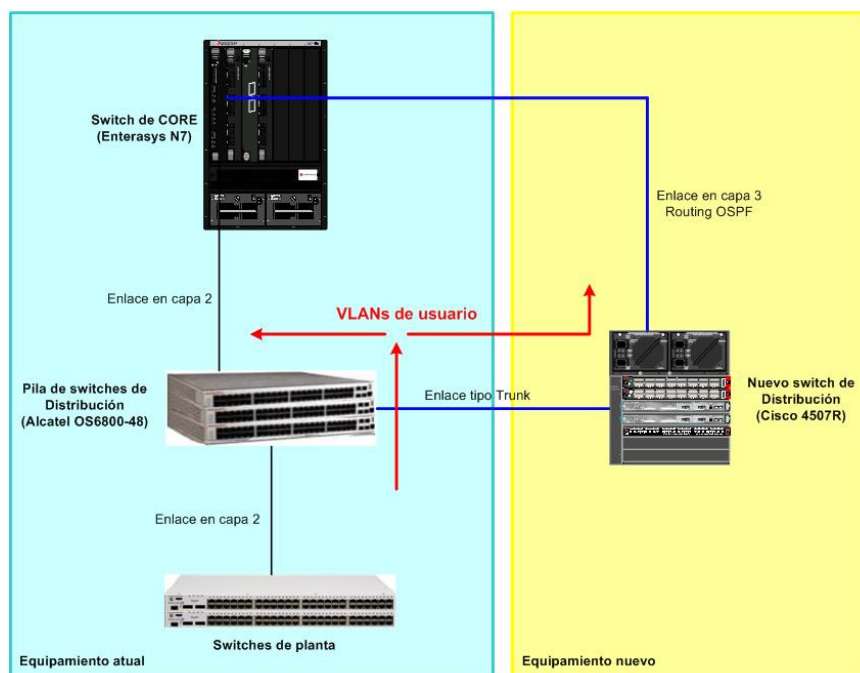
Segunda Etapa

Configuramos la nueva electrónica siguiendo las indicaciones proporcionadas por el cliente. De esta manera ahorramos tareas a realizar en el momento de la desconexión de los equipos actuales, con la correspondiente reducción de tiempo en los cortes de servicio.

En esta fase se pidieron a los responsables de la red de la Universidad las configuraciones de los switches de acceso, para poder cargarlas previamente y ahorrar en tiempo durante la migración. Prestaremos especial atención a la configuración de los puertos, habilitando aquellos que serán de acceso o de trunk, y creando las VLANs con el direccionamiento descrito en el apartado 9.3.

Esta tarea se corresponde con la Tarea 3 de la planificación mostrada en la figura 8.18 del Capítulo 8.

Figura 9.6 Ejemplo de instalación en paralelo de los switches de distribución



Tercera Etapa

En los armarios de distribución, se instalaron los nuevos switches Cisco Catalyst 4507R, que conectamos con las actuales pilas de switches Alcatel OS6800 y con el

Core. Se configuraron enlaces *trunk*⁶⁷ entre la electrónica actual y la nueva, para que discurrieran entre ellas todas las VLANs de usuario. Estas conexiones se realizaron en fibra, y nos sirvieron únicamente durante el proceso de migración.

Se configuraron además los puertos trunk para las futuras conexiones contra los switches de acceso. Como se puede observar en la figura 9.6, el enlace entre la nueva electrónica de distribución y el Core se realiza en capa 3 (frente al actual enlace en capa 2), activando y configurando el protocolo de enrutamiento OSPF. A pesar de quedar ya configurado, este protocolo aún no se utilizará, pues los paquetes seguirán utilizando por el momento el enlace actual (el default Gateway de la red aún no ha sido cambiado). Para asegurarnos de que al desconectar la actual electrónica los paquetes se envían a través del Cisco 4507R, debemos configurar en éste el protocolo VRRP. Una vez acabada la migración se desactivó este protocolo.

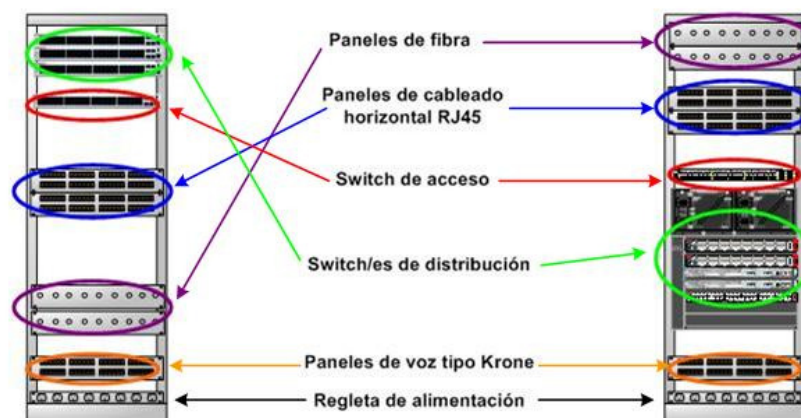
Esta tarea se corresponde con la Tarea 4 de la planificación mostrada en la figura 8.18 del Capítulo 8.

Cuarta etapa

En este punto se acometió la migración física y lógica de los servicios. Esta etapa supuso por tanto la parada del servicio. Para ello se realizó edificio a edificio, siguiendo las indicaciones proporcionadas por los responsables de la Universidad, quienes nos habilitaron ventanas de tiempo para tener el menor impacto en los servicios.

Se desconectaron los equipos antiguos y se montaron y cablearon (utilizamos aquí las hojas de asignación de la primera etapa) los nuevos, siguiendo para ello las pautas y procesos detallados en el apartado 9.2, persiguiendo un correcto aprovechamiento y cableado de los armarios, mejorando así, su estado actual, tal y como se muestra en la figura:

Figura 9.7 Ejemplo del Rack A1_N-1_D-LABS antes (izquierda) y después (derecha) de la instalación



⁶⁷ El estándar 802.1Q define el encapsulamiento de tramas de distintas VLAN para poder multiplexarlas a través de un único enlace. Los puertos que componen este enlace se denominan puertos *trunk*.

Esta tarea se corresponde con la Tarea 5 de la planificación mostrada en la figura 8.18 del Capítulo 8.

Quinta etapa

Una vez instalado el nuevo equipamiento, se realizó una batería de pruebas con el fin de comprobar que todo funciona de manera correcta, y que la red tiene el comportamiento esperado.

Dichas pruebas fueron definidas por la Universidad, en función de los aspectos que sus responsables estimaban necesario comprobar, aunque generalmente, lo habitual es chequear los siguientes aspectos:

- Conectividad. Se comprueba mediante ping la conectividad entre los equipos instalados (Core con distribución, Core con acceso y distribución con acceso).
- Aplicaciones críticas. Se comprueba que aquellas aplicaciones que son necesarias para el cliente funcionan correctamente.
- Usuarios críticos. Se entiende que todos los usuarios de la red deben poder disponer de acceso, pero en determinados clientes (por ejemplo, en una universidad, el rector y los jefes de servicio), puede haber usuarios a los que se les debe asegurar el acceso por encima de todo.
- Otras pruebas a definir por el cliente.

Esta tarea se corresponde con la Tarea 7 de la planificación mostrada en la figura 8.18 del Capítulo 8.

9.5 Guía de comandos útiles durante el proceso de migración

En este apartado se recogen algunos de los comandos que fueron necesarios para aplicar las configuraciones mencionadas en los equipos de electrónica. Este documento no pretende ser un manual de uso del entorno IOS⁶⁸ de Cisco, sino simplemente servir como pequeña guía de referencia de aquellos comandos más utilizados a la hora de configurar una red.

Aclarar que las secuencias de comandos mostradas a continuación funcionan sobre equipos Cisco Systems. No siendo válidos por tanto (aunque serán similares) para equipos de otros fabricantes.

⁶⁸ *Internetworking Operation System*. Sistema operativo utilizado por los equipos del fabricante Cisco Systems.

Creación de VLANs

```
switch#configuration terminal
switch(config)#vtp mode transparent
switch(config)#vlan 200
switch(config-vlan)#name USUARIOS
```

Con esta secuencia de comandos, estaríamos activando el *VTP*⁶⁹ en modo transparente, para crear posteriormente la *VLAN 200* (en vez de 200 podemos utilizar cualquier número comprendido entre 1 y 4094), y nombrarla como *USUARIOS*.

Configuración de puertos Trunk

```
switch#configuration terminal
switch (config)#interface giga 3/1
switch(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
switch(config-if)#switchport mode trunk
```

Para configurar un puerto de un switch como puerto trunk, tenemos primero que entrar en la interfaz (puerto) que queremos configurar, en este caso el puerto GigabitEthernet 5/1. Una vez allí, activamos el protocolo de encapsulamiento IEEE 802.1Q⁷⁰, para después definirlo como puerto trunk (comando *switchport mode trunk*).

Configuración de puertos de acceso

```
switch#configuration terminal
switch (config)#interface giga 1/3
switch(config-if)#switchport mode access
switch(config-if)#switchport access vlan 200
```

Para configurar un puerto en modo acceso el procedimiento es similar al anteriormente descrito para puertos trunk, sin tener en este caso que habilitar el protocolo IEEE 802.1Q. Mediante el comando *switchport access vlan 200* indicamos que ese puerto pertenece a la *VLAN 200*.

Activación de enlaces en capa 3

```
switch#configuration terminal
switch (config)#interface giga 1/3
switch (config-if)#no switchport
switch (config-if)#IP address aaa.bbb.ccc.ddd eee.fff.ggg.hhh
switch (config-if)#no shutdown
```

Esta secuencia de instrucciones sirve para que los enlaces a 10 Gigabit de las tarjetas supervisoras de los switches de Core funcionen en capa 3. Para ello asignamos una dirección IP al enlace, donde *aaa.bbb.ccc.ddd* sera la dirección, y *eee.fff.ggg.hhh* su máscara de subred. Por último activamos el puerto con el comando *no shutdown*.

⁶⁹ *VLAN Trunking Protocol*. Protocolo propietario de Cisco utilizado para configurar y administrar VLANs.

⁷⁰ Protocolo de encapsulamiento utilizado para implementar VLANs en redes Ethernet.

9.6 Conclusiones

En este último capítulo del caso de estudio hemos planteado todos aquellos aspectos que han de tenerse en cuenta cuando se trata de llevar a cabo todo aquello expuesto en la oferta presentada al cliente.

Este último paso en el ciclo de vida de un proyecto tiene tanta importancia como los demás. Incluso, podríamos decir, que tiene más importancia que el resto. De nada nos sirve ganar una oferta y que el cliente nos asigne un proyecto, si no somos capaces de acometerlo con un buen resultado.

Se pretende por tanto ofrecer una pequeña muestra de los pasos que consideramos importantes a la hora de ejecutar el proceso de implantación de una red telemática. Si bien es cierto que estos pasos están particularizados para nuestro ejemplo de red (Campus de la Universidad X), y que no todos ellos tienen porqué estar siempre presentes en una instalación, ni tienen porque ser los únicos a seguir, la práctica nos ha enseñado que así será en la mayoría de los casos.

Creación de hojas de asignación, reordenación de los armarios, configuración de los equipos, segmentación de la red en distintas subredes...todas ellas son tareas casi omnipresentes en cualquier proyecto que implique la instalación o renovación de la electrónica de una red de comunicaciones.

Además presentamos una pequeña muestra de algunos de los comandos que pueden resultarnos útiles cuando configuramos una red formada por equipos Cisco Systems. Estos comandos son propios de dicho fabricante, aunque pueden servirnos como referencia, ya que en el resto de fabricantes los comandos suele ser muy similares.

Con este capítulo cerramos por tanto el caso de estudio, dando paso a la última parte de nuestro proyecto: *Conclusiones y trabajos futuros*.

PARTE V
CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Capítulo 10

Conclusiones y trabajos futuros

10.1 Conclusiones

Vivimos en un mundo interconectado en el que las Tecnologías de la Información y Comunicación han tenido un gran impacto en nuestra percepción del mundo, y sobre todo, a la manera en que las personas nos comunicamos. Todos estamos conectados, ya sea por teléfono (tanto analógico, como móvil) o bien a través de Internet. La industria relacionada con el mundo de las telecomunicaciones se encuentra en continua expansión, y podemos encontrar un claro ejemplo de ello en el sector dedicado a las redes de comunicaciones, o redes telemáticas, dentro del cual podemos enmarcar el proyecto de la presente memoria.

A lo largo de la misma, hemos recorrido, capítulo a capítulo, las distintas fases de las que se compone un proyecto del ámbito de las redes telemáticas. El objetivo principal era, en primer lugar, plasmar en un documento parte del trabajo que realizo diariamente en la empresa Fujitsu Technologies; y segundo, pero no menos importante, mostrar a través de un caso de estudio el ciclo de vida de un proyecto de telecomunicaciones.

Dado el evidente carácter práctico del proyecto, era necesario comenzar la memoria introduciendo aquellos conceptos teóricos que son de obligado conocimiento para adentrarse en el caso de estudio. Dicha teoría se encuentra estructurada en dos bloques de capítulos.

En el primero de ellos, denominado *Estado del Arte*, se introdujo el concepto de auditoría tecnológica en general, y de redes telemáticas en particular. A través de ella debemos ser capaces de evaluar una red de comunicaciones en base a tres requisitos imprescindibles en cuanto a calidad de la red: confidencialidad, integridad y disponibilidad. Por otro lado, introducimos el *Diseño Jerárquico* para redes tipo Campus, necesario para poder comprender las soluciones propuestas en nuestro caso de estudio.

El segundo de los bloques recibe el nombre de *Procedimientos de Auditoría y Diseño de red*. Con él se persigue recoger aquellas pautas que nos deben guiar y servir de referencia a la hora de desempeñar las dos tareas que componen el grueso del caso de estudio, y que encontraremos en muchos otros proyectos de redes telemáticas: la auditoría de una red, y el diseño e implementación de redes (Campus).

A la hora de realizar la auditoría de una red de comunicaciones, debemos focalizar nuestro análisis en tres aspectos fundamentales: Sistema de Cableado Estructurado (SCE), Electrónica de red, y Centro de Proceso de Datos (CPD). Para el caso de estudio nos interesaban los dos primeros. Cuando auditamos un SCE, debemos tener en mente una idea: el SCE es el elemento que sostiene a la red, interconectando cada uno de sus equipos entre sí y con el usuario. La topología empleada, el estado de los subsistemas vertical y horizontal, y una correcta instalación y disposición de los armarios de comunicaciones (Racks), serán aspectos en los que prestaremos especial atención. No olvidaremos en esta parte, la documentación y el etiquetado. Una instalación bien documentada, donde cada cable está identificado y de cada equipo tenemos un control de la configuración que tiene cargada, facilita cualquier labor de mantenimiento. Por desgracia en muchos casos, este suele ser un punto de fallo habitual.

El diseño que nos interesaba para este proyecto, es aquel centrado en las redes de tipo Campus, que son aquellas que interconectan redes de área local que se encuentran dentro de un área geográfica limitada. Escogemos para ello el modelo jerárquico desarrollado por Cisco Systems, cuyas características son: modularidad, escalabilidad, fácil detección de problemas, y separación de dominios de fallos. Es importante que recordemos que uno de los aspectos que define este tipo de solución es su arquitectura de tres capas: Core, Distribución y Acceso. También en este bloque hacemos hincapié en aspectos de la instalación y configuración de los equipos de electrónica de red.

Una vez que han quedado sentadas las bases teóricas de la auditoría y el diseño de redes telemáticas, continuamos la memoria con el desarrollo en profundidad del caso de estudio, el cual ocupa la mayor parte de la misma. En él, *Nuestra Empresa S.A.* presentaba una Oferta Técnica a la *Universidad X*, en respuesta al Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT) redactado por esta última. Aunque no constituye una norma general, una gran mayoría de los proyectos de telecomunicaciones (así como de otras áreas) comienzan de este modo. Es la denominada fase de *Definición del Proyecto*, que no es más que una negociación entre las partes implicadas: el cliente expone sus necesidades, y las empresas interesadas en convertirse en adjudicatarias del proyecto ofertan sus servicios intentando diferenciarse del resto con una oferta más competitiva que las demás.

En el caso que nos ocupa, la Universidad X contaba con una red obsoleta, a la que se iba a añadir el nuevo edificio del Campus, en fase final de construcción. El proyecto planteado contaba de dos partes totalmente diferenciadas. Por un lado, se debía dotar de la infraestructura y electrónica de red necesarias al nuevo edificio, para que éste formara parte de la red actual de la facultad; y por otro, se pedía una auditoría de la red ya existente, pues la Universidad pensó que la ocasión era propicia para acometer las acciones necesarias para mejorar el rendimiento de su red.

Para la infraestructura del nuevo edificio aplicamos las normas utilizadas habitualmente para el diseño e instalación de cableado estructurado, las cuales cumplían los requisitos planteados por el cliente (en algunos aspectos el cliente proponía como requisito el propio estándar). Se desplegó tanto el cableado vertical que unía las distintas plantas como el horizontal, instalándose un total de 204 tomas de usuario, cada una de las cuales cuenta con dos tomas de datos para conector RJ45 y cuatro tomas de

corriente tipo Shucko. Se suministraron además los armarios (Racks) necesarios, dotados de paneles de interconexión, de cobre y de fibra, así como de telefonía.

En lo referente a la electrónica de red, se nos pide suministrar un equipo de distribución, y nueve conmutadores de acceso para las distintas plantas. Como conmutador (switch) de distribución utilizamos un Cisco Catalyst 4507R, que nos ofrece entre otras características, siete slot para módulos de expansión y una matriz de conmutación (backplane) de 64Gbps. En ambos aspectos se superan con creces los requisitos exigidos en el pliego: 6 slots para módulos de expansión y 32 Gbps de backplane. Ocurre lo mismo en el apartado de los puertos disponibles. Frente a los 20 puertos 10/100/1000 Mbps en cobre, y los 20 puertos de 1 Gbps en fibra que solicitaba el pliego para el switch de distribución, se suministraron 24 puertos de cobre y 36 puertos en fibra. En la electrónica de acceso se instalaron conmutadores Cisco Catalyst 3750G-48PS. Como ocurría en con el de distribución, con los de acceso también se ofertaron equipos que superaban las características exigidas por el cliente. Estos switches cuentan con 48 puertos 10/100/1000 Mbps en cobre y 4 puertos para enlaces de fibra a 1 Gbps (frente a los 40 puertos en cobre y 2 en fibra requeridos por la Universidad). Además, los puertos de cobre cuentan con la tecnología PoE (Power Over Ethernet), que nos permite suministrar alimentación a través del cable de red a dispositivos tale como teléfonos IP o cámaras IP. Esta característica supone una mejora respecto a los requerimientos del pliego, y aporta valor añadido a la solución, proveyéndola de una electrónica capaz de soportar tecnologías en pleno auge como la telefonía IP.

Conviene en este punto resaltar el hecho de que en la solución diseñada tanto los enlaces entre las capas de acceso y distribución, como entre las de distribución y Core, iban redundados. De esta manera se consiguió que la red fuera robusta frente a posibles caídas de los enlaces. En el primero de los casos, se configuraron Etherchannels⁷¹ de 2 Mbps, entre acceso y distribución. Entre distribución y Core, logramos redundancia mediante dos enlaces de 10 Gbps entre las tarjetas supervisoras del switch 4507R y el Core de la red.

En cuanto a la consultoría, se llevó a cabo un exhaustivo estudio de la red de la Universidad, atendiendo tanto a la infraestructura como a la electrónica. La red presentaba una topología en estrella distribuida, con un nodo central que es el Core de la red, situado en el edificio Aulas I, conectado con un nodo de distribución en cada uno de los edificios (Aulas I incluido). Al analizar la instalación de cableado se observan grandes deficiencias en cuanto a desorden y mal estado de los armarios, y falta de identificación y documentación de los elementos de cableado. Latiguillos que carecen de etiquetado, escasez de pasahilos, suciedad en los armarios... son algunos de los defectos que podríamos enumerar en este punto.

En el apartado de electrónica de red, lo primero en lo que nos fijamos es en la heterogeneidad de equipos encontrados, justificada por el hecho de haber sido adquiridos en distintos proyectos a lo largo de los años. El principal problema que esto implica es la posibilidad de que surjan incompatibilidades entre las versiones de software de los equipos, así como entre los protocolos que corren sobre ellos (muchos

⁷¹ Esta tecnología utiliza PAGP (*Port Aggregation Protocol*), que es un protocolo propietario de Cisco, aunque existe un estándar abierto, el IEEE 802.3ad, que utiliza LACP (*Link Aggregation Control Protocol*).

pueden hacer uso de protocolos propietarios de cada marca). La electrónica fue analizada mediante la herramienta OptiView®, obteniendo como resultado, entre otros aspectos, una baja utilización de los enlaces entre los switches, ausencia de colisiones o errores en los enlaces, así como un tráfico de broadcast muy bajo. Por otro lado, existía poca capacidad de crecimiento en la red, pues el nivel de ocupación de los puertos (conectados) a equipos de distribución y sobre todo, acceso, era alto.

Otro problema encontrado en la red, fue la falta de redundancia, así como la abundancia de puntos simples de fallo en la salida al exterior de la red. El mismo Core, por ejemplo, estaba compuesto únicamente por un switch Enterasys modelo N7, con el riesgo que ello conlleva: si se caía este equipo, se caía la red. Además, de los equipos que proporcionaban salida a Internet, y que estaban conectados al switch N7, sólo los firewall Juniper y los proxies BlueCoat estaban redundados. El Panda GateDefender, el switch Intel Express y el balanceador Cisco CSS11503 no estaban redundados, por lo que suponían puntos simples de fallo.

Tal y como se especificaba en el PPT, una vez finalizada la auditoría, y extraídas y expuestas las conclusiones, se debía elaborar una propuesta de mejora de la red. Para ello optamos por una solución en concordancia de la propuesta para el nuevo edificio. Por ello volvimos a decantarnos para los equipos de electrónica de red por el fabricante Cisco Systems, siguiendo el mismo modelo multicapa, así como el mismo tipo de configuraciones ya utilizadas. Con ello nos asegurábamos la compatibilidad total con la electrónica ya instalada en el edificio Aulas IV, así como acabábamos con uno de los principales problemas que presentaba la red: la heterogeneidad de equipamiento.

Otro de los puntos fuertes de la propuesta de mejora se basa en la sustitución del actual Core Enterasys N7 por dos switches Cisco Catalyst 6506E. Estos equipos modulares cuentan con seis slot para tarjetas supervisoras y módulos de puertos, tanto en fibra como en cobre. Al contar con dos equipos, acabamos con la falta de redundancia en el Core, al eliminar un punto simple de fallo. Además, se rediseñó la salida al exterior, conectando la salida de los firewall Juniper a los Cisco 6500, excluyendo del diseño al switch Intel Express. De esta manera, evitamos otro de los puntos simples de fallo con que contaba la anterior red.

La solución propuesta tiene además el valor añadido de contar con la tecnología Virtual Switching en los switches de Core, que nos permiten una mejor configuración lógica de la capa de Core y su interconexión con la capa de distribución. Por otro lado, la nueva configuración lógica, en la que pasamos de enlaces en capa 2 entre equipos de distribución y de Core a enlaces en capa 3, mejora sustancialmente la calidad de la red, al poder incorporar de esta manera funcionalidades tales como políticas de enrutamiento, gestión de la calidad del servicio, reducción de tiempos de convergencia, etc.

Durante la migración de equipos de la anterior red a la actual, se llevaron a cabo acciones para mejorar el estado de los armarios de comunicaciones, otro de los puntos débiles que se observaron durante la consultoría. Las acciones realizadas, así como los pasos seguidos para acometer la sustitución de la electrónica se detallaron en el capítulo 9 - Implantación de la propuesta de mejora de la red actual -, junto con una pequeña guía de comandos que nos fueron de utilidad durante el proceso.

Como ha quedado expuesto anteriormente, el presente proyecto recorre por completo las fases involucradas dentro de un proyecto de telecomunicaciones. En este caso en concreto, un proyecto de redes telemáticas, iniciado con una petición por parte del cliente, y seguido por un completo estudio y renovación de su red por la nuestra, entregándole al mismo una solución completamente adaptada a los tiempos que corren y preparada para proporcionarle el mejor de los servicios a sus usuarios.

10.2 Trabajos futuros

A pesar de lo completo y complejo de este proyecto, en el cual se aúna la consultoría de comunicaciones, con el diseño e instalación de una red (incluyendo infraestructura y electrónica), existen aún aspectos que podrían ser explorados. A ellos dedicaremos este último punto de la memoria.

Cuando diseñamos la red para el nuevo edificio Aulas IV, uno de los requisitos recogidos en el PPT hacía referencia a la capacidad de crecimiento o sobredimensionado que debían tener los armarios repartidores. Según se especificaba, éste debía ser de un 25%. Tal y como podemos comprobar en la tabla 8.8, nuestra solución no sólo cumple con el requisito, sino que lo supera, ofreciendo en el peor de los casos un 37% de puertos libres (armario A4_N3_DESP). Sin embargo, cuando se realizó la propuesta de mejora de la red existente no se tuvo en cuenta este aspecto, pues aparte de no figurar como requisito de la solución, suponía un incremento importante para un presupuesto ya de por sí bastante elevado. Por otro lado, no todos los armarios ofrecían una ocupación excesivamente elevada (aunque la media de ocupación es del 65%), siendo algunos de ellos armarios que no plantean la posibilidad de un crecimiento futuro. Por ejemplo, los armarios de las plantas de las habitaciones de la residencia tienen una ocupación del 83% cada uno, pero en ningún caso se van a incluir más habitaciones, ni más estudiantes por habitación.

Sin embargo existen armarios que están casi al límite de su capacidad, y sí son susceptibles de crecer en un futuro, como los de algunas aulas informáticas (A1_N0_INF1 y A2_N0_INF1), los laboratorios del edificio Aulas II (A2_N1_AULAS-LABS) o los que dan servicio a las salas de lectura de la biblioteca (por ejemplo el armario B_N2_SL-OF está al 100% de ocupación). Sería conveniente que en un futuro se ampliara el número de puertos disponibles en ellos, pues dan servicio a zonas con un número de usuarios en posible crecimiento. Una de las opciones sería instalar nuevos switches de acceso, compatibles con la nueva electrónica instalada. Otra opción, que quedaría para un estudio posterior, sería implantar una solución Wi-Fi.

La utilización de tecnología inalámbrica no sólo está de actualidad, sino que está en pleno desarrollo. No dejan de perfeccionarse los medios utilizados, así como no se cesa en la investigación de nuevos estándares (el último de ellos en llegar al mercado, 802.11n, compatible con los anteriores 802.11b y 802.11g, utilizados por la gran mayoría de equipos inalámbricos, y que aporta grandes ventajas). Sus características proporcionan una gran adaptación a entornos donde no existe un número preestablecido de usuarios, y éstos no tienen un puesto de trabajo fijo (movilidad). Por todo ello pienso que sería una buena solución para entornos como las salas de lectura de la biblioteca o las aulas informáticas, donde cada vez más los estudiantes acuden con sus ordenadores portátiles como ayuda para realizar sus trabajos y prácticas.

También sería interesante la posibilidad de instalar una solución de gestión de red. Este tipo de soluciones están basadas en su mayoría en un software que nos permite aprovechar protocolos tales como CDP o SNMP⁷², para obtener datos del rendimiento de la red, y así permitir una monitorización de la misma. Son herramientas muy eficaces en la prevención de fallos en el sistema, y su uso está recomendado en redes de tamaño medio/grande, en las que evitar un fallo antes de que se produzca puede suponer un gran ahorro no sólo en el apartado económico. Existen en el mercado multitud de soluciones de gestión de red, como por ejemplo *CiscoWorks Lan Management Solution* de Cisco Systems, u *Orion Network Performance Monitor* de Solaris, aunque existen muchas más. Ambos son productos de gestión de red muy potentes, si bien la primera de ellas nos va a posibilitar la gestión de configuraciones y actualizaciones de software de los dispositivos de forma remota, así como la gestión de inventario, mientras que la segunda tiene en la gran potencia para la monitorización y creación de mapas de red de dispositivos su principal característica.

⁷² Protocolos utilizados para compartir información y facilitar su intercambio entre equipos de red. CDP (Cisco Discovery Protocol) es un protocolo propietario de Cisco de capa 2, mientras que SNMP (Simple Network Management Protocol) es un protocolo de capa de aplicación estándar, definido en la RFC 1157.

ANEXO I

PRESUPUESTO

Anexo I

Presupuesto

1.1 Introducción

En este primer anexo de la memoria se expone en detalle el coste total de la ejecución del proyecto. Para su cálculo hemos dividido el mismo en diferentes bloques que representan las distintas fases en que se compone.

1.2 Desglose de tareas

Para llevarlo a cabo, el proyecto ha sido dividido en distintos bloques de tareas. En cada una de las tareas que se detallan a continuación se incluye una breve descripción de la misma, así como su duración y esfuerzo asociado, y la dependencia con el resto de tareas.

Los bloques de tareas que componen el proyecto son los siguientes:

- Bloque A: Documentación y análisis del estado del arte.
- Bloque B: Diseño e instalación de la solución de red para el nuevo edificio.
- Bloque C: Auditoría de la red existente.
- Bloque D: Elaboración e instalación de la propuesta de mejora de la red existente.
- Bloque E: Documentación y memoria del proyecto.

1.2.1 Bloque A: Documentación y análisis del estado del arte

Tarea A.1: Auditoría Tecnológica y Auditoría de Redes Telemáticas.

- Descripción: en esta tarea se realizará un amplio estudio de las auditorías en el campo de las Telecomunicaciones, prestando especial atención en la auditoría de redes telemáticas y los aspectos importantes de su realización.

- Dependencias: esta tarea comenzará una vez firmado el proyecto.
- Duración: 2 semanas⁷³.
- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

Tarea A.2: Diseño de Redes Campus.

- Descripción: en esta tarea se estudiarán los fundamentos del diseño de una red tipo Campus, concretamente, el diseño jerárquico propuesto por el fabricante Cisco Systems.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez firmado el proyecto.
- Duración: 2 semanas.
- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

I.2.2 Bloque B: Diseño e instalación de la solución de red para el nuevo edificio

Tarea B.1: Pliego de Prescripciones Técnicas.

- Descripción: en esta tarea se analizarán en detalle los requisitos expuestos por el cliente en el Pliego de Prescripciones Técnicas.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea A.2.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

Tarea B.2: Diseño de la solución de red.

- Descripción: en esta tarea se llevará a cabo el diseño de una solución de red para el nuevo edificio, incluyendo infraestructura y electrónica de red.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.1.
- Duración: 2 semanas.
- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

Tarea B.3: Oferta Técnica.

⁷³ Por semana nos referimos a semana laborable, es decir, cada semana consta de 5 días.

- Descripción: en esta tarea se elaborará la Oferta Técnica a presentar al cliente en respuesta al Pliego de Prescripciones Técnicas estudiado en B.1, y que recogerá el diseño del apartado B.2, así como los objetivos a cumplir en la auditoría de red.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.2.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

Tarea B.4: Recogida de datos.

- Descripción: en esta tarea se recopilarán todos los datos necesarios para iniciar la instalación.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.3.
- Duración: 3 días.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de Redes: 6 horas/día. Técnicos (4) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea B.5: Despliegue de cableado.

- Descripción: en esta fase se instalará el cableado para la nueva red.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.4.
- Duración: 2 semanas.
- Esfuerzo: Técnicos (4) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea B.6: Instalación de armarios.

- Descripción: en esta tarea se irán instalando los armarios paralelamente al despliegue del cableado.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.4.
- Duración: 3 días.
- Esfuerzo: Técnicos (4) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea B.7: Montaje y conexionado de equipos.

- Descripción: en esta tarea se montarán y conectarán los equipos de electrónica de red en los armarios.

- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.6.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de Redes: 6 horas/día.

Tarea B.8: Certificación de la instalación de cableado.

- Descripción: en esta fase se certificará el cableado instalado.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.5.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnicos (4) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea B.9: Configuración del entorno y transferencia del conocimiento.

- Descripción: en esta tarea se configurará la electrónica instalada, así como se instruirá al personal de la Universidad acerca de su manejo y mantenimiento.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.8.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de Redes: 6 horas/día.

Tarea B.10: Pruebas de rendimiento.

- Descripción: en esta tarea se comprobará el correcto funcionamiento de la instalación.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.8.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de Redes: 6 horas/día.

Tarea B.11: Documentación del proceso.

- Descripción: en esta tarea se documentará todo el proceso de instalación llevado a cabo.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.10.
- Duración: 1 día.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de Redes: 8 horas/día.

I.2.3 Bloque C: Auditoría de la red existente

Tarea C.1: Recogida de datos.

- Descripción: en esta tarea se recogerán los datos necesarios para acometer la auditoría, así como se revisarán los Racks de comunicaciones, haciendo inventario de los equipos de electrónica.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea B.3.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnico de Redes: 6 horas/día. Consultor de redes: 6 horas/día. Técnicos (2) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea C.2: Ubicación y certificación de los puestos de trabajo.

- Descripción: en esta tarea se llevará a cabo una revisión de la red existente localizando y certificando los puestos de trabajo.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea C.1.
- Duración: 2 semanas.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea C.3: Revisión de cableado, canalizaciones y estudio de la topología.

- Descripción: en esta tarea se prestará atención a la topología de la red, así como al estado del cableado, tanto eléctrico como de red, y su canalización.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea C.2.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnicos (2) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

Tarea C.4: Documentación de la auditoría.

- Descripción: en esta tarea se recogerá en un documento los resultados obtenidos de la auditoría.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea C.3.
- Duración: 1 semana.

- Esfuerzo: Técnico de Redes: 6 horas/día. Técnicos (2) de cableado: 6 horas/día. Capataz: 6 horas/día.

I.2.4 Bloque D: Elaboración e instalación de la propuesta de mejora de la red existente

Tarea D.1: Diseño de la propuesta de mejora.

- Descripción: en esta tarea se diseñará una solución que mejore el rendimiento de la red existente en el Campus.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea C.4.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Ingeniero: 8 horas/día.

Tarea D.2: Recogida de datos de asignación de puertos.

- Descripción: en esta fase se rellenarán las hojas de asignación de la electrónica existente, que servirán de apoyo para la migración.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea D.1.
- Duración: 4 días.
- Esfuerzo: Técnicos (3) de Redes: 6 horas/día. Técnicos (2) de cableado: 6 horas/día.

Tarea D.3: Montaje y configuración lógica de la nueva electrónica.

- Descripción: en esta fase se instalarán y configurarán los nuevos equipos en paralelo a la electrónica existente.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea D.2.
- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnicos (3) de Redes: 6 horas/día. Técnicos (2) de cableado: 6 horas/día.

Tarea D.4: Migración de los equipos y puesta en funcionamiento.

- Descripción: en esta tarea se migrará edificio a edificio (un día cada uno) la electrónica existente a la nueva ya instalada.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea D.3.

- Duración: 1 semana.
- Esfuerzo: Técnico (3) de Redes: 6 horas/día.

Tarea D.5: Transferencia del conocimiento y pruebas de rendimiento.

- Descripción: en esta tarea se instruirá al personal de la Universidad acerca del manejo y mantenimiento de la solución instalada, así como se comprobará el correcto rendimiento de la misma.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea D.4.
- Duración: 7 días.
- Esfuerzo: Técnico (3) de Redes: 6 horas/día.

Tarea D.6: Documentación del proceso.

- Descripción: en esta tarea se documentará todo el proceso de migración llevado a cabo.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea D.5.
- Duración: 1 día.
- Esfuerzo: Técnicos (3) de Redes: 4 horas/día.

I.2.5 Bloque E: Documentación y memoria del proyecto

Tarea E.1: Documentación del proyecto.

- Descripción: en esta tarea se recogerán todos los datos acerca de las tareas realizadas durante el proyecto.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea D.6.
- Duración: 2 semanas.
- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

Tarea E.2: Elaboración de la memoria.

- Descripción: en esta tarea se redactará la memoria del proyecto.
- Dependencias: esta tarea comenzará una vez finalizada la tarea E.1.
- Duración: 4 semanas.

- Esfuerzo: Ingeniero: 4 horas/día.

1.3 Resumen del proyecto

Tabla I.1 Resumen de tareas del proyecto

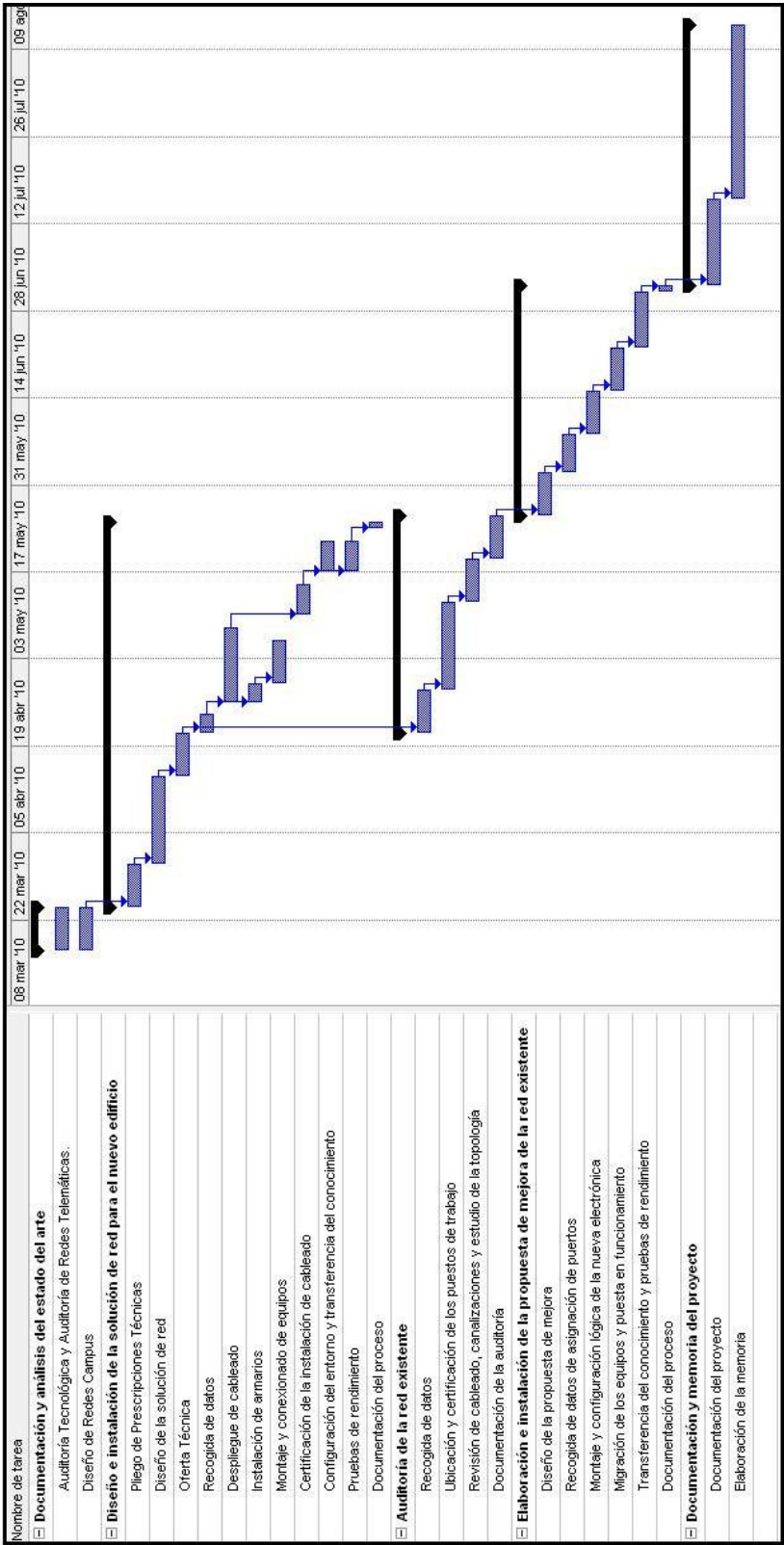
Tarea	Duración	Esfuerzo	Total
Documentación y análisis del estado del arte			
A.1 Auditoría Tecnológica y Auditoría de Redes Telemáticas.			
Ingeniero	2 semanas	4 horas/día	40 horas
A.2 Diseño de Redes Campus			
Ingeniero	2 semanas	4 horas/día	40 horas
Diseño e instalación de la solución de red para el nuevo edificio			
B.1 Pliego de Prescripciones Técnicas			
Ingeniero	1 semana	4 horas/día	20 horas
B.2 Diseño de la solución de red			
Ingeniero	2 semanas	4 horas/día	40 horas
B.3 Oferta Técnica			
Ingeniero	1 semana	4 horas/día	20 horas
B.4 Recogida de datos			
Técnicos (2) de redes	3 días	6 horas/día	36 horas
Técnicos (4) de cableado	3 días	6 horas/día	72 horas
Capataz	3 días	6 horas/día	18 horas
B.5 Despliegue de cableado			
Técnicos (4) de cableado	2 semanas	6 horas/día	240 horas
Capataz	2 semanas	6 horas/día	60 horas
B.6 Instalación de armarios			
Técnicos (4) de cableado	3 días	6 horas/día	72 horas
Capataz	3 días	6 horas/día	18 horas
B.7 Montaje y conexionado de equipos			
Técnicos (2) de redes	1 semana	6 horas/día	60 horas
B.8 Certificación de la instalación de cableado			
Técnicos (4) de cableado	1 semana	6 horas/día	120 horas
Capataz	1 semana	6 horas/día	30 horas

B.9 Configuración del entorno y transferencia del conocimiento			
Técnicos (2) de redes	1 semana	6 horas/día	60 horas
B.10 Pruebas de rendimiento			
Técnicos (2) de redes	1 semana	6 horas/día	60 horas
B.11 Documentación del proceso			
Técnicos (2) de redes	1 día	8 horas/día	16 horas
Auditoría de la red existente			
C.1 Recogida de datos			
Consultor de redes	1 semana	6 horas/día	30 horas
Técnico de redes	1 semana	6 horas/día	30 horas
Técnicos (2) de cableado	1 semana	6 horas/día	60 horas
Capataz	1 semana	6 horas/día	30 horas
C.2 Ubicación y certificación de los puestos de trabajo			
Técnicos (2) de cableado	2 semanas	6 horas/día	120 horas
Capataz	2 semanas	6 horas/día	60 horas
C.3 Revisión de cableado, canalizaciones y estudio de la topología			
Técnicos (2) de cableado	1 semana	6 horas/día	60 horas
Capataz	1 semana	6 horas/día	30 horas
C.4 Documentación de la auditoría			
Técnico de redes	1 semana	6 horas/día	30 horas
Técnicos (2) de cableado	1 semana	6 horas/día	60 horas
Capataz	1 semana	6 horas/día	30 horas
Elaboración e instalación de la propuesta de mejora de la red existente			
D.1 Diseño de la propuesta de mejora			
Ingeniero	1 semana	8 horas/día	40 horas
D.2 Recogida de datos de asignación de puertos			
Técnicos (3) de redes	4 días	6 horas/día	72 horas
Técnicos (2) de cableado	4 días	6 horas/día	48 horas
D.3 Montaje y configuración lógica de la nueva electrónica			
Técnicos (3) de redes	1 semana	6 horas/día	90 horas
Técnicos (2) de cableado	1 semana	6 horas/día	60 horas
D.4 Migración de los equipos y puesta en funcionamiento			

Técnicos (3) de redes	1 semana	6 horas/día	90 horas
D.5 Transferencia del conocimiento y pruebas de rendimiento			
Técnicos (3) de redes	7 días	6 horas/día	126 horas
D.6 Documentación del proceso			
Técnicos (3) de redes	1 día	4 horas/día	12 horas
<i>Documentación y memoria del proyecto</i>			
E.1 Documentación del proyecto			
Ingeniero	2 semanas	4 horas/día	40 horas
E.2 Elaboración de la memoria			
Ingeniero	4 semanas	4 horas/día	80 horas
Total horas ingeniero			320 horas
Total horas Consultor de Redes			30 horas
Total horas Técnico de Redes			682 horas
Total horas Capataz			276 horas
Total horas Técnico de cableado			912 horas
<i>Total horas del Proyecto</i>			2220 horas

I.4 Diagrama de Gantt

Figura I.1 Diagrama de Gantt del proyecto



I.5 Costes del proyecto

En este apartado desglosaremos los costes totales del proyecto:

Tabla I.2 Resumen de costes del proyecto

Descripción	Horas	Coste	Total
Mano de obra			
Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones	320 horas	35 €/hora	11.200 €
Consultor de Redes	30 horas	50 €/hora	1.500 €
Técnico de Redes	682 horas	35 €/hora	23.870 €
Capataz	276 horas	25 €/hora	6.900 €
Técnico de cableado	912 horas	20 €/hora	18.240 €
Costes Materiales			
Equipamiento Nuevo Edificio ⁷⁴			152.216 €
Equipamiento Propuesta de Mejora ⁷⁵			857.122 €
Total			
Coste Total del Proyecto			1.071.048 €
Impuesto ⁷⁶ 16 % I.V.A.			171.367,68 €
Precio Total			1.242.415,68 €

El presupuesto total de este proyecto asciende a UN MILLÓN DOSCIENTOS CUARENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS QUINCE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Fdo:

Alejandro Tanarro Gómez. Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones.

⁷⁴ El equipamiento se muestra en detalle en el *Anexo IV - Oferta Económica Auditoría y Nuevo Edificio*.

⁷⁵ El equipamiento se muestra en detalle en el *Anexo V - Oferta Económica Propuesta Mejora*.

⁷⁶ En la fecha de realización del proyecto aún no había entrado en vigor el incremento del I.V.A. al 18%.

ANEXO II

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Pliego de Prescripciones Técnicas de Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X

1. Objeto del contrato.

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas recoge los requerimientos para la realización de una consultoría que analice la situación actual de la red de comunicaciones de la Universidad, así como la adquisición e instalación de toda la infraestructura y electrónica de red para el nuevo edificio del Campus.

2. Justificación y alcance del contrato.

En los últimos años se han incrementado los servicios prestados por la red de comunicaciones de la universidad, lo que ha dado lugar a un aumento progresivo del número de equipos que prestan servicio en dicha red.

La presencia de equipamiento de distintos fabricantes, adquirido a lo largo de los años durante diversos proyectos, plantea un escenario donde equipos con distintas características interactúan entre sí para dar servicio a la red de comunicaciones. Sin embargo, esta diversidad trae consigo una serie de limitaciones técnicas de la red a la hora de soportar las nuevas aplicaciones y servicios implementados por la universidad. Algunas de estas limitaciones son:

- Ancho de banda limitado, lo cual provoca retardos en las comunicaciones.
- Ante la aparición de un problema, la red actual no permite la gestión remota de la incidencia.
- Equipamiento heterogéneo y obsoleto de distintos fabricantes, lo que provoca, en ocasiones, incompatibilidades.

Actualmente se encuentra en construcción un nuevo edificio en el Campus de la universidad. Se quiere aprovechar la necesidad de dotar a este nuevo edificio de una infraestructura y electrónica de red que lo permitan conectarse a los servicios del Campus, para llevar a cabo una auditoría que evalúe el rendimiento de la red de comunicaciones actual, con el fin de plantear una solución unificada que permita prestar un servicio óptimo y de calidad, y soportar las demandas de los usuarios.

Por lo tanto, se estudiará la renovación de aquellos elementos de la misma que puedan contribuir a una mejoría sustancial en los servicios prestados por la mencionada red.

Para el nuevo edificio, se deberá suministrar el equipamiento que se detalla a continuación:

- 1 equipo de electrónica de distribución o de edificio.

- 9 switches de acceso.
- 204 puntos de voz-datos-electricidad con los elementos que lo constituyen.

3. Descripción Técnica.

Auditoría de la Red de Comunicaciones actual

La empresa adjudicataria del proyecto se encargará de realizar una consultoría en la que deberá cubrir los siguientes aspectos:

- Realización de un análisis de la situación actual.
- Estudio de la seguridad de la red actual, prestando especial atención a aspectos tales como la redundancia, tolerancia a fallos y la protección contra intrusos. Se valorará en este sentido la presentación de recomendaciones para asegurar la continuidad del servicio ante cualquier incidencia puntual.
- Realización de propuestas de mejora sobre la red actual que permitan una optimización de la misma.

Suministro e Instalación de la Electrónica de Red del Nuevo Edificio

Con el fin de no sufrir las mismas limitaciones que sufre la red actual, el Departamento de Informática y Redes de la universidad ha fijado unos requisitos mínimos que deben cumplir los equipos suministrados para el nuevo edificio del Campus.

Electrónica de Distribución o de Edificio

El equipamiento de conmutación para Distribución o Edificio, a situar en la planta baja del edificio, y que interconectará el CORE de comunicaciones con los switches de acceso deberá cumplir como mínimo las siguientes características técnicas:

- Chasis modular.
- Capacidad de al menos 6 slot para módulos de expansión.
- Fuente de alimentación redundante.
- Matriz de conmutación de al menos 32 Gbps. de capacidad.
- Debe incluir al menos 20 puertos 10/100/1000Base-T.
- Debe incluir al menos 20 puertos 1000Base-SX.

- Soporte de conmutación de nivel 3.
- Soporte de protocolos de redundancia de enrutamiento VRRP y HSRP.
- Soporte de filtrado mediante Listas de Acceso (ACL).
- Soporte de VLAN 802.1Q y VTP.
- Soporte de protocolos de redundancia RSTP, DTP y MSTP.
- Soporte de priorización de tráfico QoS (Quality of Service).
- Soporte de protocolos de Agregación de Enlaces LACP y PAgP.
- Soporte autenticación 802.1x.
- Gestionable por SNMP y CLI.

Electrónica de Acceso

Los switches de acceso que darán servicio a los puntos de red donde se conectarán los usuarios deberán cumplir como mínimo las siguientes características técnicas:

- Debe incluir al menos 40 puertos 10/100/1000Base-T.
- Debe incluir al menos 2 puertos 1000Base-X.
- Soporte de VLAN 802.1q y VTP.
- Soporte de protocolos de redundancia RSTP, DTP y MSTP.
- Soporte de priorización de tráfico QoS (Quality of Service).
- Soporte de protocolos de Agregación de Enlaces LACP y PAgP.
- Soporte autenticación 802.1x.
- Gestionable por SNMP y CLI.

Consideraciones generales sobre el equipamiento

Los equipos suministrados deberán ser completamente compatibles entre sí en cuestión de redundancia y tolerancia a fallos, software de gestión, protocolos, etc. Deben poder ser además monitorizados por protocolos estandarizados.

Los equipos de acceso se distribuirán de la siguiente manera:

- 3 armarios en la planta baja, para dar servicio a aulas, 2 laboratorios y 2 salas de informática. Cada armario contendrá un switch de acceso. Uno de ellos contendrá también la electrónica de distribución.

- 1 armario en la planta primera, con dos switches de acceso para dar servicio a aulas y laboratorios.
- 1 armario en la segunda planta, para dar servicio a aulas. Constará de dos switches de acceso.
- 1 armario para dar servicio a los despachos de profesores de la planta tercera. Constará igualmente de dos switches de acceso.

Se debe incluir con la oferta la totalidad de las licencias de software necesarias para el funcionamiento del equipamiento suministrado, así como los accesorios necesarios para la instalación y puesta en marcha del mismo.

Así mismo la empresa adjudicataria será responsable de garantizar y asegurar la completa integración de la electrónica de red suministrada, tanto a nivel físico como lógico.

Instalación de Infraestructura de Comunicaciones del Nuevo Edificio

El presente proyecto comprende la instalación de 204 puntos de red (voz-datos-electricidad) que permitan la implantación de la electrónica de red descrita en el punto anterior.

Descripción genérica de la infraestructura

La universidad dispone en la actualidad de un cableado propio que permite a los usuarios disponer en sus puestos de trabajo de acceso a la Red de Comunicaciones Telefónicas y a la Red de Datos.

Para la instalación de cableado en el nuevo edificio se seguirá el esquema topológico definido en la norma EN 50173, constituido por *Subsistema Horizontal (SH)*, *Subsistema Vertical (SV)* y *Subsistema de Campus (SC)*.

Normativa de referencia

Se recogen a continuación el conjunto de normas aplicables a los sistemas de cableado estructurado, protección contra incendios y compatibilidad electromagnética, así como también la normativa española de referencia a la hora de abordar instalaciones eléctricas:

Normativa de cableado:

- UNE-EN 50173:2005, “Tecnología de la información. Sistemas de cableado genérico”.
- ISO/IEC 11801: Information technology – Generic cabling for customer premises.
- IEC 60793-1-1 (1995), “Optical Fiber: Part 1 Generic Specification”.

Normativa de conducciones:

- UNE-EN 50310:2002, “Aplicación de la conexión equipotencial y de la puesta a tierra en edificios con equipos de tecnología de la información”.
- UNE-EN 50086:CORR 2001, “Sistemas de tubos para la conducción de cables”.
- UNE-EN 50085/A1:1999, “Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas”.
- UNE-EN 61357, “Sistemas de bandejas y de bandejas de escalera para la conducción de cables”.

Normativa de instalación, puesta a tierra y certificado de Sistema de Cableado Estructurado:

- UNE-EN 50174-1:2001, “Tecnología de la información. Instalación del cableado. Especificación y aseguramiento de la calidad”.
- UNE-EN 50174-2:2001, “Tecnología de la información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el interior de los edificios”.
- UNE-EN 50174-3:2005, “Tecnología de la información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el exterior de los edificios”.
- UNE-EN 50346:2004, “Tecnologías de la información. Instalación de cableado. Ensayo de cableados instalados”.
- UNE-EN 50310:2002, “Aplicación de la conexión equipotencial y de la puesta a tierra en edificios con equipos de tecnología de la información.
- UNE-EN 12825:2002, “Pavimentos elevados registrables”.
- EN 300253 V2.1.1, “Ingeniería Ambiental (EE). Puesta a tierra y toma de masa de los equipos de telecomunicación en los centros de telecomunicaciones”.
- EN 50173-5, “Data centers”.

Normativa eléctrica:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT, Real Decreto 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias del Ministerio de Industria.

Compatibilidad electromagnética:

- UNE-EN 300127 V1.2.1, “Cuestiones de compatibilidad electromagnética y espectro radioeléctrico (ERM).”
- UNE-EN 55024/A2:2004, “Equipos de tecnología de la información. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida”.
- UNE-EN 55022/A2:2004, “Equipos de tecnologías de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida”.

Normativa de protección contra incendios:

Los siguientes estándares internacionales hacen referencia a la utilización de cables con cubierta retardante al fuego, y escasa emisión de humos no tóxicos y libres de halógenos:

- UNE-EN 50290-2-26:2002 “Cables de comunicación. Parte 2-26: Reglas comunes de diseño y construcción. Mezclas libres de halógenos y retardantes de la llama para aislamientos.”
- UNE-EN 50290-2-27:2002 “Cables de comunicación. Parte 2-27: Reglas comunes de diseño y construcción. Mezclas libres de halógenos y retardantes de la llama para cubiertas.”
- UNE-HD 627-7M:1997 “Cables multiconductores y multipares para instalación en superficie o enterrada. Parte 7: Cables multiconductores y multipares libres de halógenos, cumpliendo con el HD 405.3 o similar. Sección M: Cables multiconductores con aislamiento de EPR o XLPE y cubierta sin halógenos y cables multipares con aislamiento de PE y cubierta sin halógenos.”
- EN 1047, “Data Security, fire protection”.
- UNE-EN 12094-5:2001, “Sistemas fijos de extinción de incendios. Componentes para sistemas de extinción mediante agentes gaseosos. Parte 5: Requisitos y métodos de ensayo para válvulas direccionales de alta y baja presión y sus actuadores para sistemas de CO₂”.
- UNE-EN 12259:2002, “Protección contra incendios. Sistemas fijos de lucha contra incendios. Componentes para sistemas de rociadores y agua pulverizada. Parte 1: Rociadores automáticos”.
- IEC 332: Sobre propagación de incendios.
- IEC 754: Sobre emisión de gases tóxicos.
- IEC 1034: Sobre emisión de humo.

Especificaciones de la infraestructura

Para la instalación del cableado estructurado del nuevo edificio del Campus universitario se seguirán las siguientes especificaciones:

Cables

- El cableado horizontal empleado para unir las rosetas al repartidor de planta, tanto de voz como de datos, se realizará mediante par trenzado sin apantallar UTP, Categoría 6.
- Las distancias límites recomendadas para este tipo de cables son de 90 metros máximo entre panel y roseta (zona oculta) y de 10 metros máximo, para los distintos cables de conexión.

Canalización:

- La canalización horizontal se realizará aprovechando la infraestructura existente de falso suelo/falso techo, evitando en la medida de lo posible el empleo de canaletas de superficie que dificulten el acceso a los puestos de trabajo.
- La canalización son todos aquellos elementos que soportan la instalación de los cables dándoles a todos ellos un camino organizado, facilidad de mantenimiento, protección y sustento. En todos sus casos, internas, externas, en canaletas o tubo, las canalizaciones deben estar dimensionadas para permitir futuras ampliaciones de hasta un mínimo del 25%.
- Los cruces de los tendidos del cableado de datos con la energía eléctrica de fuerza y alumbrado, se realizarán siempre en ángulo recto.

Seguidamente se describen los criterios generales de canalización a utilizar en cada circunstancia dentro y fuera del edificio:

Canalización interna:

- La canalización discurrirá por falso techo a través de tubo forroplast y cajas de registro de las dimensiones convenientes a cada caso. Esta canalización finalizará en las bajadas de pared, mampara, columna o suelo.
- En caso de no existir falso techo, la canalización se hará por techo o rodapié, con canaleta de PVC rígido de color blanco, de conformidad a normativa de obligado cumplimiento con el RBT (resolución 18-01-88) y Marcado CE de acuerdo a la Directiva BT/73/23: conformidad con la norma IEC 61537:2001 para bandejas y EN50085-1:1997 para canales/molduras.

Canalización externa:

- Siempre que el cable tenga que discurrir por el exterior irá protegido con tubo rígido de PVC.

- Las obras de albañilería y pintura necesarias para la ejecución física de la instalación serán por cuenta de la Empresa que resulte adjudicataria.

Armarios repartidores:

- Agrupará los subsistemas de voz y datos. Este armario estará sobredimensionado al menos en un 25% respecto al número de puntos que se instalen en dicho armario, de modo que sea posible incluir posteriormente nuevas regletas y dispositivos de interconexión.
- Se emplearán armarios tipo Rack de 19" de modo que permita alojar en él equipos activos, con puerta de cristal de seguridad y cerradura con llave.
- Dispondrá de anillos pasacables para la agrupación y distribución de los mismos. Tendrá al menos un pasahilos por cada dos paneles de interconexión.
- El armario será de al menos 600 mm. de profundidad y estará construido de acuerdo a las normas DIN 41494 parte 1ª, IEC 2ª edición y ANSI/EIA RS-310.

Repartidores:

- La conexión del cable a los paneles se realizará mediante la técnica de desplazamiento de aislante.
- La asignación de pines se realizará según la designación EIA/TIA y deberá mantenerse en toda la instalación.
- Los módulos de repartición contarán con portaetiquetas y serán de diferentes colores para identificar tanto los tendidos de voz como de datos así como los de Entrada /Salida.

Accesorios:

- Se suministrará una regleta con 8 tomas eléctricas, tipo Schuko de 16 amperios con toma de tierra, para la alimentación de los equipos activos ubicados en el armario.

Rosetas:

- La roseta será de tres módulos de PVC, estando el primero de ellos destinado para las tomas de voz/datos y los otros dos módulos para cuatro enchufes tipo Schuko de color rojo.
- El módulo de voz/datos constará de dos conectores (voz/datos) RJ-45 hembra. Se montarán en cajas de superficie.

- Su sistema de conexionado será por desplazamiento de aislante. Los conectores estarán provistos de tapa antipolvo para evitar la suciedad de los contactos.
- La construcción del conector permitirá el paso de señales de hasta 100 MHz.

Instalación eléctrica:

- Los circuitos eléctricos que alimenten a los equipos deben cumplir que la sección de conductores sea la adecuada para la carga total que soporte, incluyendo los equipos que van a conectarse. Igualmente se comprobará que existe un dispositivo de protección magnetotérmica de amperaje adecuado para dicha carga y para la sección de los hilos, así como un interruptor diferencial, con su correspondiente línea de tierra.

Latiguillos de puesto y de interconexión:

- Para poder asignar los servicios de comunicaciones en los repartidores, se precisan cables conectorizados que realicen el puenteo entre equipo y repartidor horizontal. También se necesitan para la conexión de terminales a las rosetas.
- El cable UTP utilizado para latiguillos será de igual o mayor calidad, que el utilizado para el tendido horizontal.

Etiquetado:

- Las rosetas se etiquetarán con una numeración correlativa coherente con su ubicación y planta.
- En éstas se identificarán las tomas de voz, las de datos y el circuito eléctrico al que están conectados los enchufes.

Certificación de la instalación

En cuanto a la certificación de todo el cableado horizontal instalado, se seguirán las recomendaciones recogidas en la norma EN 50346:2002, utilizando para tal efecto los aparatos de medida correspondientes. Estos aparatos deberán estar calibrados y cumplir con las homologaciones apropiadas. Se presentarán el modelo del equipo así como la fecha de última calibración.

El proceso de certificación incluirá la medida para cada enlace de los valores correspondientes a los parámetros especificados por la norma en cada categoría.

La información relativa al proceso se entregará en formato electrónico.

4. Plan de Implantación.

La oferta técnica deberá incluir el plan de implantación propuesto por la empresa adjudicataria, en formato Diagrama de Gantt o Cronograma, especificándose en él de manera clara y visible las diferentes fases y actividades del proyecto.

5. Documentación de Fin de Proyecto

A continuación se detalla la documentación mínima a entregar al término del proyecto:

- Documento completo de auditoría, recogiendo el estado de la red anterior y posterior a la ejecución del proyecto.
- Documentación técnica completa de los equipos instalados.
- Manuales de administración de los equipos suministrados.
- Esquema del conexionado a niveles físico y lógico de la red una vez finalizado el proyecto.
- Copia original del software asociado al equipamiento instalado.
- Planos de la instalación, indicando la ubicación de los armarios de comunicaciones instalados.

6. Garantía y Soporte Posterior.

El adjudicatario será el único responsable del correcto funcionamiento de la totalidad de los equipos instalados mientras que dure el plazo de garantía, procediendo en caso necesario a su reparación o reposición. El tipo de asistencia será *in-situ*, e incluirá el desplazamiento del personal necesario, la mano de obra, y los componentes de repuesto.

Las incidencias deberán poder ser atendidas en horario laborable, con un tiempo de respuesta de inferior a 8 horas. El período de garantía a cubrir será de tres años.

7. Condiciones Generales.

Presentación de la oferta

La oferta presentada debe recoger la siguiente información:

- Relación detallada del equipamiento y elementos ofertados, remarcando aquellos exigidos por el Pliego de Prescripciones Técnicas. Así mismo deben incluirse los correspondientes catálogos de especificaciones técnicas.

- Cronograma o Diagrama de Gantt de la planificación del proyecto, especificando las distintas fases que lo comprenden y su duración.
- Características generales asociadas a requerimientos espaciales, eléctricos, ambientales y de otro tipo, de los lugares en donde se instalarán los equipos.
- Datos de contacto (nombre, correo electrónico y teléfono) de la persona habilitada para atender cualquier tipo de aclaración acerca de la oferta.

El Pliego de Prescripciones Técnicas recoge todas aquellas especificaciones de mínimo cumplimiento. Serán por tanto valoradas todas aquellas soluciones que aporten valor añadido a la oferta.

8. Resumen Económico.

La cuantía máxima del importe correspondiente a esta contratación es de 1.250.000,00€ (UN MILLÓN DOSCIENTOS CINCUENTA MIL EUROS) I.V.A. incluido.

ANEXO III

OFERTA TÉCNICA

Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X

PROPUESTA

10 de Marzo de 2010



1.	INTRODUCCIÓN	241
2.	ALCANCE DE LOS SERVICIOS	242
2.1	Fases de la Consultoría de Comunicaciones	243
2.2	Fases del Diseño de la Red del Nuevo Edificio	247
3.	CONSULTORÍA DE COMUNICACIONES	251
3.1	Análisis de la Situación Actual	251
3.2	Estudio de Mejoras Tecnológicas y de Diseño	251
3.3	Definición de Políticas de Seguridad	251
3.4	Propuesta de Arquitectura Física y Lógica Final	252
4.	Diseño de la red del nuevo edificio	254
4.1	Análisis de los Requerimientos	254
4.2	Diseño de Solución de Infraestructura de Cableado	254
4.3	Diseño de Solución de Electrónica de Red	258
4.4	Propuesta de Arquitectura Física y Lógica Final	268
5.	GARANTÍA Y MANTENIMIENTO.	272
6.	PLAN DE PROYECTO	273
6.1	Planificación	273
6.2	Equipo de Trabajo	274
7.	ESTIMACIÓN ECONÓMICA	275

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en un mundo que cambia rápido, muy rápido, en el que todo a nuestro alrededor es información. Internet, creada hace escasas décadas, crece día tras día, abarcando todo a nuestro alrededor, modificando nuestra manera de afrontar diversas tareas, tanto en lo laboral como en lo cotidiano.

Cada vez utilizamos y demandamos más información. Todo está accesible a un solo click, y los servicios y aplicaciones más diversos son ofrecidos y consumidos en todos los ámbitos de nuestra vida. Estar actualizado y contar con la última tecnología disponible marca la diferencia, y permite o no hacer uso de las últimas herramientas telemáticas disponibles en el mercado. En esto la educación no es una excepción, y así lo entiende la Universidad X.

El objeto de esta Oferta Técnica es presentar un proyecto que cumpla los requisitos expuestos en el *Pliego de Prescripciones Técnicas de Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X*, redactado por dicha universidad.

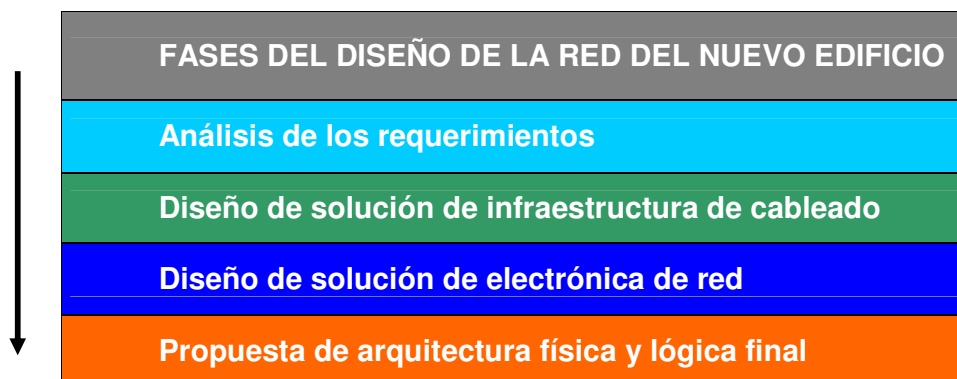
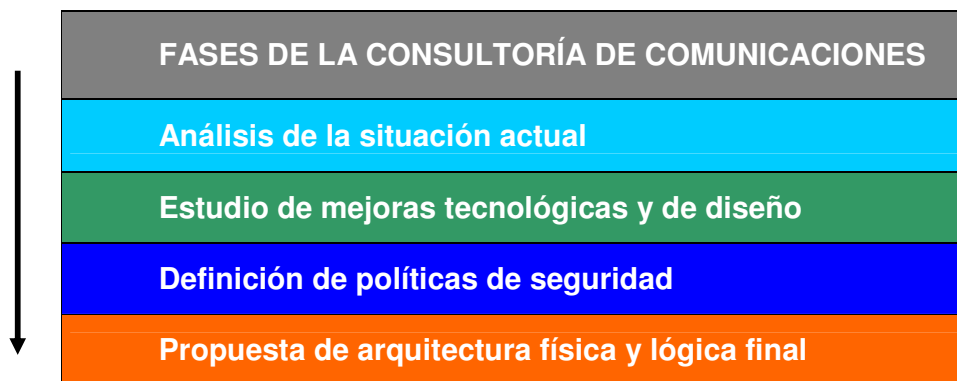
Nuestra Empresa S.A. (en adelante NESA) pone a disposición del cliente su experiencia y recursos para llevar a cabo el proyecto mencionado, atendiendo a los siguientes aspectos:

- Análisis de la situación actual (inventario del Sistema de Cableado y Electrónica de Red, estimación de necesidades, etc.).
- Estudio de la seguridad de la red actual en cuanto a redundancia, tolerancia a fallos, protección contra intrusos..., y recomendación de soluciones que aseguren la continuidad del servicio ante cualquier eventual incidencia.
- Realización de propuesta de mejora sobre la red actual que permita la optimización de la misma.
- Diseño de solución para la implantación de infraestructura y electrónica de red en el nuevo edificio del Campus, compatible con las mejoras propuestas para la red existente.

ALCANCE DE LOS SERVICIOS

Para la realización del proyecto, NESA aportará el asesoramiento estratégico así como la consultoría técnica necesarias para el diseño de un esquema de red de datos que permita optimizar los recursos con los que cuenta la Universidad. Así mismo, se propondrá un diseño para el nuevo edificio integrado con la solución anterior.

El proyecto por tanto, tendrá dos partes bien diferenciadas, que constarán de las fases descritas a continuación:



Fases de la Consultoría de Comunicaciones

Análisis de la Situación Actual

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none">➤ Conocer en profundidad la Red de la Universidad.➤ Detectar posibles puntos débiles.	<ul style="list-style-type: none">➤ Estudio de la documentación existente.➤ Estudio de los flujos de comunicaciones de los distintos edificios del Campus.➤ Creación de un inventario de los elementos del Sistema de Cableado y de Electrónica de Red.➤ Documentación de la red de datos.➤ Análisis del estado de las infraestructuras.	<ul style="list-style-type: none">➤ Generación de un Informe de Auditoría.➤ Requisitos de Seguridad.➤ Informe de deficiencias o carencias de la red actual.

**Estudio de Mejoras
Tecnológicas y de Diseño**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocer y analizar distintas propuestas alternativas a la instalación actual. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Análisis de nuevas tecnologías de comunicaciones, equipos y fabricantes. ➤ Asesoramiento técnico ofreciendo alternativas y mejoras que se puedan realizar en el equipamiento de electrónica, con el fin de sacarle más rendimiento del actual. ➤ Se identificará la necesidad de nuevas funcionalidades tecnológicas y dimensionamiento físico de los actuales equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Creación de informe con las posibles mejoras tecnológicas en cuanto al diseño de la red en función de distintos parámetros.

**Definición de
políticas de
Seguridad**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acordar con la Universidad las políticas de seguridad mínimas a adoptar en su red: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Protección frente a accesos no autorizados, salvaguardando la confidencialidad, integridad, accesibilidad y responsabilidad de la información. ✓ Redes Privadas Virtuales (VLANs), redundancia y tolerancia a fallos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificación de los sistemas y procesos más y menos críticos, analizando si sus medidas de seguridad actuales son adecuadas y resistentes a incidencias, caídas y mal funcionamiento. ➤ Estudio del diseño idóneo para mantener las prestaciones en situaciones críticas del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Documento que especifique las medidas de seguridad a instaurar.

**Propuesta de
Arquitectura Física y
Lógica Final**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño de una propuesta de red que incluya las mejoras propuestas. ➤ Oferta económica estimada. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño de la solución óptima, en base a las conclusiones de las fases anteriores. ➤ Determinación del coste que esta solución supondría. ➤ Asesoramiento sobre la forma de abordar las posibles ampliaciones que se puedan llegar a realizar en las distintas estancias. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Documento de la solución Propuesta.

Fases del Diseño de la Red del Nuevo Edificio

Análisis de los Requerimientos

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none">➤ Estudio de los distintos servicios a implantar en el nuevo edificio.	<ul style="list-style-type: none">➤ Definir junto a la Universidad las necesidades de la red del nuevo edificio.➤ Obtención de información y planos acerca de plantas, aulas, pasillos, despachos, etc.	<ul style="list-style-type: none">➤ Documento que recoja los requerimientos del cliente para el nuevo edificio.

**Diseño de Solución de
Infraestructura de
Cableado**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elaboración de propuesta de cableado para dar servicio al nuevo edificio. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudio de los planos facilitados por el cliente. ➤ Señalización en los planos de las tomas de usuario a instalar. ➤ Diseño de infraestructura de cableado, con armarios, cableado y tomas de usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Propuesta de solución de cableado para el nuevo edificio.

**Diseño de Solución de
Electrónica de
Red**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño de solución de red que dé servicio al nuevo edificio y se integre con la solución propuesta para la electrónica de la red existente. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Valoración de los requisitos en cuanto a usuarios, servicios a prestar y ancho de banda. ➤ Elaboración de un diseño que cumpla con los requisitos mencionados. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Propuesta de diseño de red para el nuevo edificio.

**Propuesta de
Arquitectura Física y
Lógica Final**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseño de una propuesta completa (infraestructura + electrónica) de red que cumpla los requisitos mínimos exigidos por la Universidad. ➤ Oferta económica estimada. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinación del coste que esta solución supondría. ➤ Asesoramiento sobre la forma de abordar las posibles ampliaciones que se puedan llegar a realizar en las distintas estancias. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Documento de la solución Propuesta.

CONSULTORÍA DE COMUNICACIONES

Análisis de la Situación Actual

Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la infraestructura de cableado presente actualmente en la Universidad, atendiendo a la ubicación y estado de los armarios (Racks) de comunicaciones en los distintos edificios así como de los puestos de trabajo. También se tendrá en cuenta el estado actual de las canalizaciones, con el fin de determinar la posibilidad de crecimiento existente en el cableado de red.

Se realizará la certificación de los puestos de trabajo, con equipo homologado del fabricante *Fluke* para determinar la categoría y estado del cableado de red, y se redactará un informe que recoja las deficiencias encontradas al analizar la red de cableado actual instalada en la Universidad.

Para la electrónica de red se procederá de modo similar, creando un inventario que refleje los distintos equipos de electrónica instalados en los armarios de comunicaciones del Campus, elaborando un esquema de la topología física y lógica de la red.

Así mismo se realizará una búsqueda de equipos y usuarios de la red mediante el uso de un analizador *Fluke Optiview*. Se efectuará el estudio de las funcionalidades configuradas en los equipos del Core de la red, y mediante el empleo de herramientas de monitorización se estudiará el grado de utilización y el rendimiento de la red.

Estudio de Mejoras Tecnológicas y de Diseño

En este punto realizaremos un completo estudio de las alternativas tecnológicas y de diseño que se puedan ajustar a los requerimientos de comunicación de la red del Campus de la Universidad.

Del mismo modo se estudiarán las herramientas de monitorización de la red existentes y, de considerarse oportuno, se propondrán mejoras a nivel de uso e implantación.

Definición de Políticas de Seguridad

Además de los requisitos comunes relacionados con la seguridad física de las instalaciones – que deben estar contemplados dentro de un Plan Estratégico de Seguridad –, el concepto de seguridad en las redes telemáticas se refiere a la garantía de que los sistemas involucrados son resistentes a incidencias, caídas y mal funcionamiento, y que su diseño permite mantener las prestaciones en situaciones de daños en el sistema.

Por ello, buscaremos que nuestro diseño aporte a la red las siguientes características:

- **Redundancia:** se buscará la duplicidad en todos aquellos elementos de equipamiento que puedan resultar críticos, tales como fuentes de alimentación, equipos de Core, enlaces entre distintas capas del diseño, etc.
- **Tolerancia a fallos:** además de disponer de elementos redundantes, éstos estarán configurados para entrar en funcionamiento de manera automática en caso de caída de los principales, sin causar parada del servicio.

Por otra parte, la seguridad debe proporcionar protección frente a accesos no autorizados, protegiendo la confidencialidad, integridad, y accesibilidad. Los aspectos más importantes son:

- **Redes Privadas Virtuales (VLANs):** se analizará el esquema actual de VLANs así como los mecanismos de seguridad asociados, con el fin de determinar los posibles puntos débiles y mejoras a aplicar.
- **Accesos no deseados:** se analizarán las posibles ‘brechas’ de seguridad en los accesos actuales, y se estudiarán hipotéticas amenazas así como los posibles mecanismos a implantar para evitar, en el mayor grado posible, los accesos no deseados a la red de la Universidad.

Propuesta de Arquitectura Física y Lógica Final

Expuestas las soluciones tecnológicas más apropiadas y conociendo en profundidad la red de la Universidad, estamos en disposición de elaborar diseño que optimice los recursos e infraestructuras de la red actual.

Este diseño se incluirá en el Informe de Auditoría, y constará entre otros, de los siguientes puntos:

- Mejoras tecnológicas y de diseño, incluyendo propuesta de arquitectura final a nivel de:
 - Interconexión de Redes LAN.
 - Conexión y acceso a otras redes públicas, acceso remoto y conexión a Internet.
 - Plan de direccionamiento.
 - Barrera perimetral.

- Propuesta de nuevos mecanismos de redundancia, seguridad y detección de intrusión.
- Información económica con una estimación de los costes requeridos para la implantación de las soluciones propuestas.

Diseño de la red del nuevo edificio

Análisis de los Requerimientos

Para el diseño de la red del nuevo edificio, se definirán, de manera conjunta con el personal del área de comunicaciones de la Universidad las necesidades a cubrir por la red, atendiendo a aspectos como el ancho de banda disponible requerido, el número de usuarios estimados de dicha red, así como el número de puestos a atender.

Además, se pretende presentar un diseño que optimice distintos parámetros que resultan de especial relevancia cuando hablamos de redes telemáticas:

- **Alta disponibilidad:** este concepto hace referencia a un sistema o componente que está continuamente operativo. El diseño de Red es el principal factor de influencia sobre la disponibilidad, debiendo ser altamente estructurado para conseguir lo que se conoce como “jerarquía de Red”. Los mecanismos de recuperación deben ser considerados como parte del proceso de diseño.
- **Previsibilidad:** es de suma importancia la previsibilidad a la hora de identificar y predecir rutas de tráfico, comportamientos de red, y resolver problemas, puesto que una red no previsible genera a menudo una gran cantidad de problemas.
- **Modularidad:** la red estará construida por distintos bloques o módulos, cada uno de los cuales aportará un conjunto determinado de prestaciones y comportamientos. Su principal ventaja se observa a la hora de hacer cambios en la red, pues los bloques son independientes entre sí, pudiendo ser añadidos o retirados sin tener que rediseñarla cada vez.
- **Capacidad de recuperación:** la capacidad de una red para recuperarse o ajustarse tras un fallo o cambio y puede ser considerada como uno de los factores principales para conseguir una *Alta Disponibilidad*.

Diseño de Solución de Infraestructura de Cableado

Para la solución de infraestructura de cableado se propondrá un diseño de cableado que cumpla todos aquellos requisitos presentados por la Universidad en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*, y que permitan conectar al nuevo edificio con el resto de la red ya desplegada en el Campus.

La nueva infraestructura de cableado de comunicaciones a implantar en el nuevo edificio seguirá el esquema topológico definido en la norma *EN 50173*. Según las normas *ISO/IEC*, se clasificará el cableado estructurado en los siguientes ámbitos o subsistemas, y cuyos requisitos técnicos se detallan a continuación:

- **Subsistema horizontal:** con cable de cuatro pares trenzados UTP (en cobre).
- **Subsistema puesto de trabajo:** con conectores RJ45 para cobre, en el entorno del usuario, en cajas de superficie o empotradas.
- **Subsistema de administración:** constituido por paneles de interconexión, repartidores, y latiguillos que permitirán gestionar y modificar el cableado de forma fácil y eficaz.

Para la red de datos horizontal se empleará un cableado compuesto por cables de pares trenzados UTP, con una topología en estrella desde cada armario de distribución. El cableado estructurado en cobre elegido será UTP Categoría 6 de 4 Pares PVC LSZH.

La conectorización en un extremo se realizará empleando dos conectores tipo RJ45, empleando Módulos de Alta Densidad RJ45 Hembra de 8 Pines Categoría 6. Estos irán terminados en cajas compuestas por:

- Dos tomas Shucko de corriente asistida (limpia).
- Dos tomas Shucko de corriente no asistida (sucia).
- Dos tomas de red tipo RJ45.

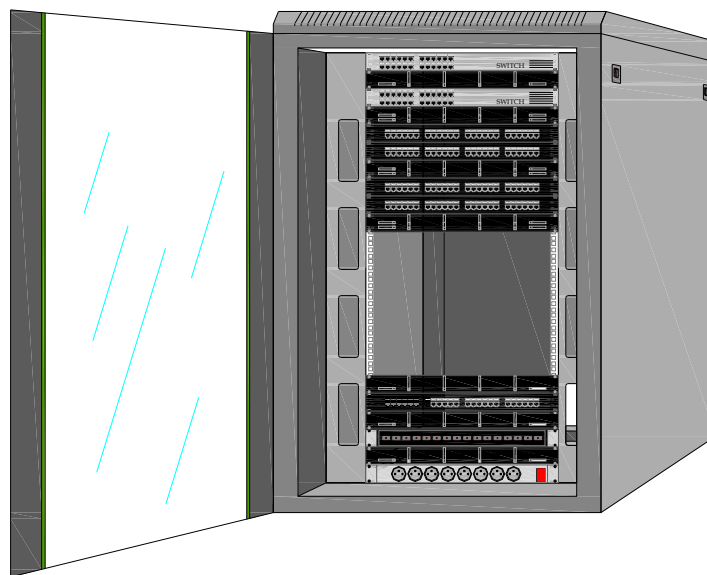
En el otro extremo se conectará al panel de parcheo o interconexión del armario de administración horizontal, mediante la inserción de los pares en los módulos de los Paneles Troquelados de 48 y 24 Puertos RJ45 Categoría 6.

Los armarios serán suministrados junto al equipamiento, y tendrán las dimensiones adecuadas a los elementos a instalar en su interior, así como a los espacios que la Universidad tiene designados para ellos. Los armarios cumplirán los siguientes requisitos:

- Puerta de Cristal.
- Pasahilos de gestión de 1U y ganchos para fijación de latiguillos.
- Regleta de enchufes de 8 tomas Schucko 2P+T de 16A sin interruptor y enrackable (1U).
- Accesorios de puesta a tierra.

Se contempla el suministro de tantos latiguillos de interconexión como tomas de voz y datos están previstas.

A continuación se representa un Armario de Distribución tipo de hasta 48 puntos dobles con una capacidad de ampliación del 50%, con todos los elementos y componentes tal y como se han establecido:



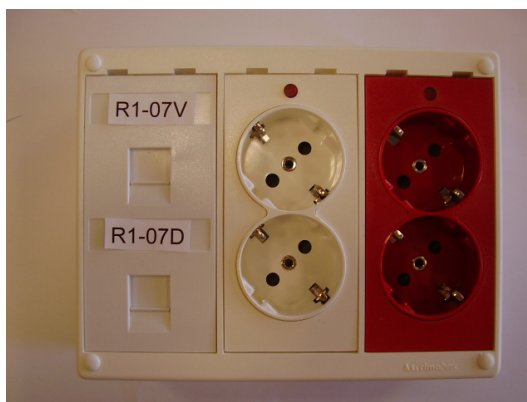
Armario de Distribución de Cableado

La distribución propuesta permite una posibilidad de crecimiento muy superior al 25% exigido por el *Pliego de Prescripciones Técnicas*.

En el caso del *Subsistema Puestos de Trabajo*, la conexión será realizada mediante dos conectores de Alta Densidad RJ45 Hembra de 8 Pines Categoría 6, terminados en cajas de superficie tipo roseta doble, formando parte de un conjunto modular con los enchufes Shucko para la alimentación eléctrica de cada puesto.

Cada punto de red estará por tanto compuesto por una caja tipo CIMA de 3 módulos, donde un módulo será una roseta doble RJ45 con tapa antipolvo y los otros dos serán tipo Shucko dobles. Las rosetas se etiquetarán de forma indeleble con una numeración correlativa y con la identificación de voz, datos y del armario al que pertenecen.

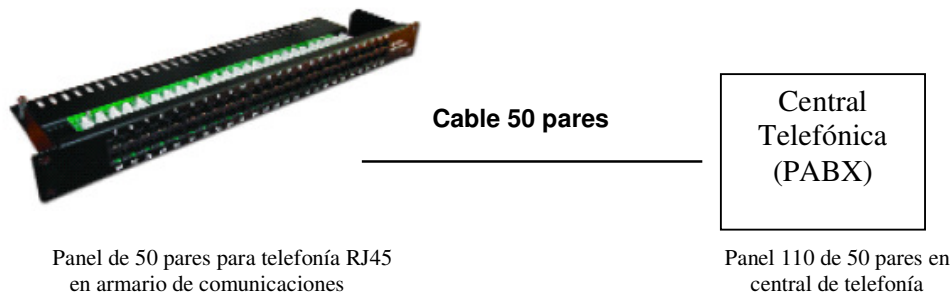
Se suministrarán latiguillos UTP RJ45/RJ45 Categoría 6 de 3 metros, para la conexión de los equipos a las tomas de datos de los puestos de trabajo.



Detalle de puesto de trabajo

Red de Enlace de Telefonía

Además de la red de datos, el nuevo edificio contará con una red de telefonía que deberá ser integrada con la existente en el resto del Campus. Para ello se instalará un cableado de enlace con el repartidor principal de la central de telefonía del Campus (ubicada en el CPD), compuesto por cable multipar de 50 pares Cat.3. Estos cables se terminarán en paneles de 50 puertos RJ45 de categoría 3 dentro del armario del centro de distribución, y en paneles tipo 110 en el extremo de la central telefónica.



Instalación Eléctrica

La previsión de instalación es de un circuito de fuerza monofásico a 230 V. (F+N+T) para cada cinco puestos de trabajo o fracción, compuesto por cable unipolar S07Z1-K, 400/750 V, libre de halógenos y de la sección adecuada a la potencia a instalar y a la máxima caída de tensión calculada.

Será obligatoria la instalación de un dispositivo de protección magnetotérmica de amperaje adecuado para dicha carga y para la sección de los hilos, así como de un interruptor diferencial, con su correspondiente línea de tierra. El conductor de protección se conectará a la toma de tierra existente del edificio.

La instalación eléctrica se realizará en su totalidad siguiendo las recomendaciones del *Reglamento Electrónico para Baja Tensión* y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, especialmente la *ITC-BT 28* de instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia, así como con la Guía Técnica de Aplicación del *REBT* editada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Conductos y Canalizaciones

La canalización horizontal se instalará principalmente bajo el falso suelo, en bandejas instaladas a tal efecto en distancias mínimas de 60 cm y siempre manteniendo la separación de las líneas eléctricas a las distancias mínimas exigibles. De estas bandejas partirán tubos de PVC corrugado reforzado hasta las cajas de paso bajo en falso suelo, y desde estas mediante canal blanca s/t M1 a los distintas tomas de conexión.

En el caso de los recorridos horizontales se propone el empleo de bandejas tipo varilla electrosoldada y zincada de 8 mm, con corte asimétrico tipo Rejiban, de tamaños 500mm, 300mm, 200mm y 100mm, todas ellas con ala de 60mm. Para su anclaje y fijación se emplearán componentes resistentes que eviten balanceos.

Los tubos de salida a verticales y falso suelo emplearán tubo de tipo forroplás, y de métricas M40, M32, M25, M20, así como cajas de registro y derivación de tipo cofre con conos de varias medidas de acuerdo con el número de tubos que deba admitir. Toda la instalación estará un 25% sobredimensionada como mínimo.

Certificación de la Instalación

Una vez terminada la instalación de todo el cableado, se certificará con el equipamiento adecuado (del fabricante *Fluke*, homologado y calibrado) la totalidad de la instalación, atendiendo a cada toma de usuario, así como al cableado.

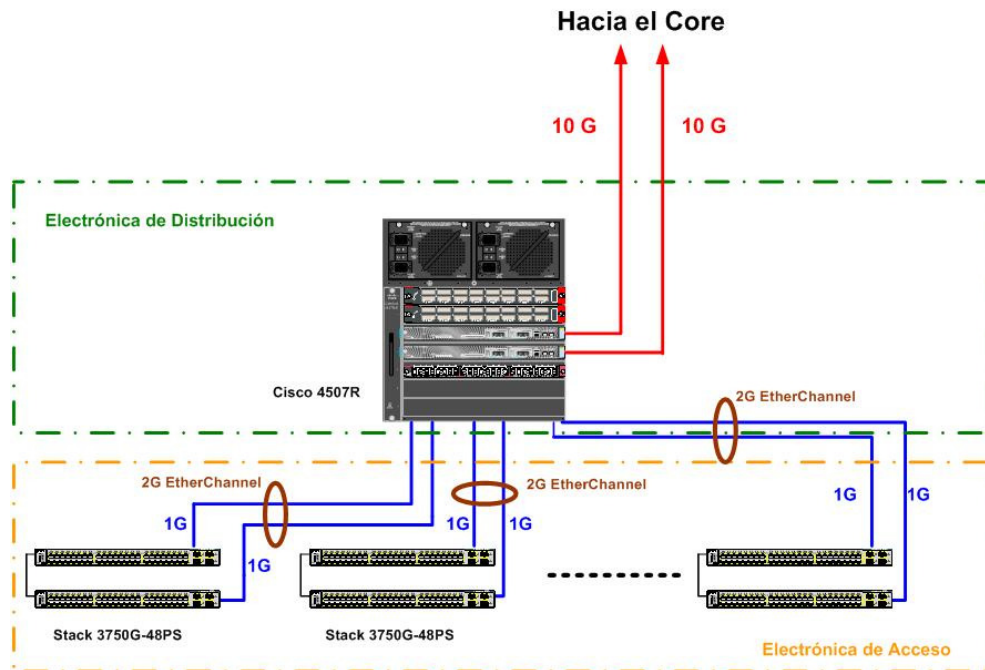
El objetivo es homologar que la instalación y sus componentes superan las normativas para cableado de edificios *ISO/IEC 11801:2ª Edición 2000* y *EN50173:2ª Edición 2000*.

Diseño de Solución de Electrónica de Red

En el diseño de la solución de red para el nuevo edificio del Campus se han tenido en cuenta todos los requerimientos descritos anteriormente, con el fin de satisfacer las necesidades de la Universidad en cuanto a disponibilidad, previsibilidad, modularidad y fiabilidad.

Para ello se ha elegido un *Diseño Multicapa*, que se basa en una arquitectura de tres niveles de conmutación, formada por *Core*, *Distribución* y *Acceso*:

- **Capa de Core:** proporciona una estructura de conmutación de paquetes a alta velocidad. Será la encargada de soportar todas las conexiones de la capa de distribución con un alto nivel de transferencia, rendimiento y disponibilidad.
- **Capa de Distribución:** su función es aislar la capa de Core de la de acceso. Los equipos de distribución deben ser capaces de soportar conexiones 10G y GigE hacia el Core al tiempo que proporcionan un entramado de conmutación de alta velocidad que permita a los usuarios disponer de una tasa alta de transmisión.
- **Capa de Acceso:** es la encargada de dar conexión a velocidad Gigabit a las tomas de usuario.



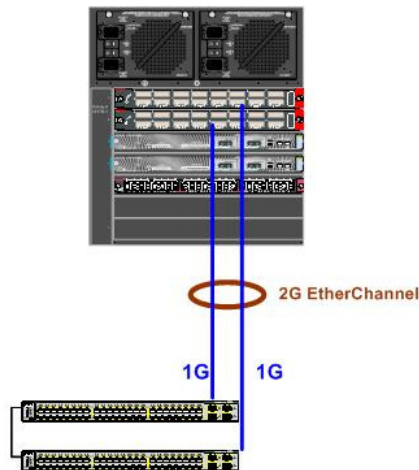
Diseño de Red propuesto para el nuevo edificio

Tal y como expone el *Pliego de Prescripciones Técnicas*, la red del nuevo edificio contará sólo con equipos de distribución y acceso, pues el Core ya está definido en la red que presta servicio actualmente al Campus.

Para la elaboración de la oferta se ha elegido equipamiento del fabricante Cisco Systems, líder mundial en la fabricación de equipamiento para redes telemáticas. El diseño propuesto se basa en la utilización de un equipo de distribución capaz de dar soporte a los distintos switches de acceso del edificio, y proporcionar una conexión redundante a 10G con el Core del Campus. Utilizaremos un único equipo de distribución de la serie Catalyst 4500 de Cisco. Esta serie de Cisco lleva más de 20 años de en el mercado, demostrando gran estabilidad. Además montaremos doble supervisora, doble fuente y doble tarjeta de puertos en fibra para dotar a la solución de la redundancia necesaria.

Entre las capas de acceso y agregación se configurarán enlaces de tipo *EtherChannel* a 2G. La tecnología *EtherChannel*, que es propietaria de Cisco (y compatible con el estándar *IEEE 802.3ad*), permite agrupar varios enlaces físicos Ethernet para crear un único enlace lógico aumentando con ello su capacidad. Podremos agrupar hasta ocho puertos Ethernet bajo un mismo enlace lógico, alcanzando anchos de banda que van desde los 800 Mbps (con puertos Ethernet de 100 Mbps) hasta 80 Gbps (agrupando puertos de 10 Gbps Ethernet).

Una vez configurado, todos los puertos que forman parte del enlace lógico comparten la misma dirección MAC. Esto convierte al *EtherChannel* en transparente de cara a los usuarios y las aplicaciones de red, que únicamente percibirán un enlace lógico. *EtherChannel* es compatible además con IEEE 802.1D (Spanning Tree Protocol), Cisco ISL, VTP e IEEE 802.1Q (VLAN Tagging).



Ejemplo de agregación mediante EtherChannel

Para la electrónica de distribución del nuevo edificio se suministrará un conmutador modular de la serie Cisco Catalyst 4500, modelo 4507R con 7 slots y dotado con:

- Dos tarjetas supervisoras de la familia Sup6 (Referencia procesadora: WS-X45-SUP6-E).
- Dos fuentes de alimentación y ventilador.
- Una tarjeta de puertos en cobre para tecnologías Ethernet 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T con 24 puertos (Referencia tarjeta: WS-X4424-GB-RJ45).
- Dos tarjetas de 18 puertos para fibra multimodo de 1 Gigabit Ethernet (1000BASE-SX). Estos puertos irán provistos de un módulo conversor de fibra GBIC para conexión de la misma. (Referencia tarjeta: WS-X4418-GB).



Electrónica de distribución

Las principales características de la solución de electrónica de distribución son:

Familia de conmutadores Catalyst 4500

La familia de conmutadores Cisco Catalyst 4500 integra resistencia para un control avanzado en redes convergentes de tráfico de voz, video y datos. Integra capacidades de conmutación no-bloqueante a niveles 2-4 con un control óptimo para todo tipo de aplicaciones corporativas críticas. El conmutador Cisco Catalyst 4500 extiende el control hasta los límites de la red mediante servicios inteligentes de red, incluyendo una sofisticada gestión de la calidad del servicio (QoS), rendimiento predecible, seguridad avanzada y gestión sencilla. La robustez de la plataforma se logra tanto a nivel de hardware como de software minimizando los tiempos de caída de la red, ayudando a garantizar la productividad y el éxito en las actividades de la corporación. La arquitectura modular, flexibilidad en los tipos de medio y capacidad de expansión aumentan la vida útil de esta familia de equipos reduciendo los costes por propiedad y minimizando el tiempo para el retorno de la inversión (ROI).

El conmutador Cisco Catalyst 4500 incorpora una serie de capacidades técnicas orientadas a la gestión óptima del tráfico y el control de la red:

- **Redundancia de supervisoras:** en ciertos modelos de la familia Cisco Catalyst 4500 se soportan capacidades de redundancia en supervisión 1+1 para redundancia integrada minimizando el impacto de caídas en la red.
- **IOS de Cisco:** estos equipos funcionan mediante software basado en IOS de Cisco, soportando multitud de protocolos y estándares, entre los que cabe destacar aquellos necesarios para un eficiente manejo del tráfico Multicast (PIM, IGMP, USMP, GARP, etc.). Igualmente permiten la creación de VLAN (Virtual LANs) basadas en estándares como 802.1Q o en soluciones propietarias como ISL (desarrollada por Cisco).
- **Robustez integrada:** la indisponibilidad de la red se minimiza mediante la incorporación de elementos redundantes como supervisoras, tolerancia a fallos en el software, ventiladores redundantes y fuentes de alimentación adicionales.
- **QoS sofisticado:** las capacidades de QoS y gestión de tráfico integradas y basadas en los niveles 2 a 4 clasifican y priorizan el tráfico crítico y/o sensible a latencias utilizando una tabla de hasta 64.000 entradas para directivas de QoS. El conmutador Cisco Catalyst 4500 puede hacer ‘shaping’ y ‘rate-limiting’ con mecanismos como directivas de entrada o salida sobre hosts, redes y aplicaciones.
- **Rendimiento:** mediante soluciones avanzadas de conmutación que escalan ancho de banda sobre puertos según sea necesario, incorpora circuitos integrados específicos (ASIC) para proporcionar procesado a velocidad de cable a niveles 2-3 (10/100/1000). Mediante la incorporación del módulo de supervisión adecuado es posible escalar a nivel 2 hasta 200 mpps. Basándose en “Cisco Express Forwarding”.

- **Seguridad avanzada:** permitiendo capacidades como 802.1x, listas de control de acceso (ACL), protocolo Secure Shell (SSH), port security, Dynamic ARP Inspection (DAI), Ip Source Guard, Directivas de Control, Bypass de autenticación inaccesible 802.1x, Control de puertos unidireccional 802.1x, Bypass de autenticación por MAC, y private VLAN (PVLAs) que mejoran en control y la flexibilidad in la red de datos.
- **Densidad de puertos:** el Cisco Catalyst 4500 es capaz de gestionar hasta 388 puertos Ethernet en un solo chasis. El Cisco Catalyst 4500 soporta la mayor densidad de puertos autosensing 10/100/1000, autonegociación Gigabit Ethernet desde el Core hasta los puertos de usuario. Módulos opcionales de 10GigabitEthernet pueden mejorar las capacidades hasta los usuarios finales. Los módulos son intercambiables en caliente y su estructura reduce la complejidad y facilita la evolución del entorno de servicio.
- **Soporte Multicast por Hardware:** mediante protocolos Protocol Independent Multicast (PIM), modos denso y “sparse”, Internet Group Management Protocol (IGMP), y Cisco Group Management Protocol (CGMP) se permite la eficiente distribución de contenidos multimedia sin comprometer la capacidad de la red.
- **Servicios NetFlow:** Cisco Catalyst 4500 soporta la activación de servicios NetFlow mediante la incorporación de supervisoras IV o V para el soporte de estadísticas y capturas de flujos de red basados en VLAN. Esta información puede ser explotada posteriormente desde sistemas colectores y analizadores de este tipo de información.
- **Protección de aplicaciones críticas:** las capacidades del módulo de Supervisión permiten disponer de un rendimiento no degradado por la habilitación de directivas de calidad de servicio QoS y/o características de seguridad.
- **Máxima disponibilidad:** estos equipos soportan protocolos como HSRP (Hot Standby Router Protocol), VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) o incluso GLBP (Gateway Load Balancing Protocol).
- **Gestión:** estos equipos disponen de amplias facilidades a través de herramientas SNMP / RMON como CiscoWorks, gracias a los agentes de que dispone de forma embebida. También cuenta con funcionalidades ESPAN (Enhanced Switched Port Analyzer) para reflejar el tráfico de cualquier puerto o VLAN.

Módulo Supervisor Engine 6-E

Nuestra propuesta es la configuración en los switches de distribución con doble supervisor para ofrecer redundancia y alta disponibilidad.



Las características más importantes y novedosas de estas tarjetas son las siguientes:

- Matriz de conmutación de 320Gbps.
- Capacidad de procesamiento de 200 Mpps.
- Disponibilidad de dos puertos de 10 Gigabit Ethernet de tipo X2.
- Soporta conmutación de 6 o 24 Gbps por slot.

Se incluyen los módulos X2:



Los módulos Cisco 10GBASE X2 ofrecen a los clientes una amplia variedad de opciones de conectividad a 10 Gigabit Ethernet para data center, armarios de cableado de empresas y aplicaciones de transporte de los proveedores de servicios.

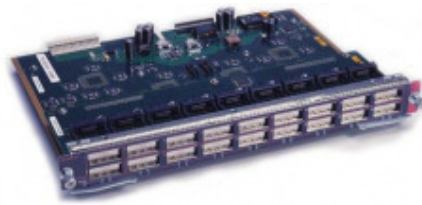
Algunas de sus principales características son:

- Soporta 10GBASE Ethernet.
- Permite inserción/extracción en caliente en cualquier puerto Ethernet X2 de un switch o router Cisco.
- Interoperabilidad óptica con los respectivos módulos 10GBASE Xenpak y 10GBASE XFP en un mismo enlace.
- Conectores: Dual SC/PC connector (-SR, -LR, -LX4, -ER); InfiniBand 4x connector (-CX4).

Cisco X2	Wavelength (nm)	Cable Type	Core Size (microns)	Modal Bandwidth (MHz*km)	Cable Distance*
Cisco X2-10GB-LR	1310	SMF	G.652	—	10 km

Los enlaces entre distribución y Core intercomunican equipos que situados en edificios distintos. Este aspecto ha de tenerse en cuenta a la hora de escoger el medio de transmisión, pues deberá ser capaz de cubrir distancias que pueden llegar a superar los 500 metros. Por este motivo elegimos los módulos Cisco 10GBASE-LR que soportan una longitud del enlace de hasta 10 kilómetros en fibra monomodo (SMF, G.652).

Modulo Catalyst 4500 18-port GBIC



- 18 puertos.
- Interfaces 1000BASE-X (GBIC).
- Cisco IOS Software Release 12.1(8a)EW o posterior.
- IEEE 802.3, IEEE 802.3x flow control.
- 2 ports of wire-speed 1000BASE-X Gigabit Ethernet uplinks.
- 16 ports: 4:1 oversubscribed.

Se incluyen los módulos GBIC:



GBIC	Wavelength (nm)	Fiber Type	Core Size (Micron)	Modal Bandwidth (MHz/km)	Cable Distance
Cisco 1000BASE-SX	850	MMF	62.5	160	722 ft (220 m)
			62.5	200	902 ft (275 m)
			50.0	400	1640 ft (500 m)
			50.0	500	1804 ft (550 m)

- Conectores: Dual SC/PC connector.

Modulo Catalyst 4500 24-port 10/100/1000

Esta tarjeta proporcionará 24 puertos 10/100/1000BaseT.



La siguiente tabla incluye el desglose del equipamiento ofertado para la electrónica de distribución en el nuevo edificio:

Edificio Nuevo - Distribución		Uds.
WS-C4507R-E	Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable	1
PWR-C45-4200ACV	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1
PWR-C45-4200ACV/2	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1
WS-X45-SUP6-E/2	Catalyst 45xxR E-Series Sup 6-E, 2x10GE(X2) w/ Twin Gig	2
X2-10GB-LR	10GBASE-SR X2 Module	2
WS-X4424-GB-RJ45	Catalyst 4500 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)	1
WS-X4418-GB	Catalyst 4500 GE Module, Server Switching 18-Ports (GBIC)	2
WS-G5484	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (Multimode)	12

El modelo de conmutador ofertado cumple todas las características técnicas requeridas en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*.

Para la electrónica de acceso se ofertan switches de la familia 3750, en concreto, el modelo 3750-48PS.

Las principales características de la solución de electrónica de acceso son:

Familia de conmutadores Catalyst 3750



- 48 puertos 10/100/1000 RJ45 para cobre.

- 4 puertos para fibra mediante módulo conversor SFP.
- Inter-VLAN IP routing (Layer 3).
- PoE (estándar IEEE 802.3af) en los 48 puertos 10/100/1000. Esta funcionalidad permite la alimentación a través del cable de red de dispositivos tales como teléfonos IP o cámaras IP. Dicha funcionalidad supone una importante mejora respecto a los requerimientos del *Pliego de Prescripciones Técnicas* para estos switches.
- Tecnología Cisco StackWise. Esta tecnología proporciona una arquitectura de apilamiento optimizada para Gigabit Ethernet. Está diseñada para responder a adiciones, supresiones y reinstalaciones a la vez que se mantiene el rendimiento constante. La tecnología Cisco StackWise unifica hasta nueve switches Cisco Catalyst 3750 individuales en una sola unidad lógica mediante cables de interconexión y software de apilamiento especiales, permitiendo una interconexión de pilas de 32 Gbps. Una pila en funcionamiento se comporta como una única unidad de conmutación gestionada por el switch principal. La pila puede aceptar nuevos miembros o eliminar miembros antiguos sin interrumpir el servicio (*Plug-and-Play*), encargándose el switch principal de crear y actualizar automáticamente todas las tablas de conmutación y de enrutamiento opcional de la pila.
- Una gestión única de IP. Cada pila de Cisco Catalyst 3750 se gestiona como un único objeto y tiene una única dirección IP. La gestión única de IP se admite para actividades como detección de fallos, creación y modificación de la LAN virtual, seguridad y controles de calidad de servicio.

Estos conmutadores proporcionan las siguientes características técnicas:

- 48 puertos Ethernet 10/100/1000Mbps PoE, conectores RJ-45.
- 4 puertos uplink Gigabit Ethernet SFP.
- Puerto de Stack de alta velocidad a 32 Gbps.
- Ocupación de 1U en rack.
- Ancho de banda de reenvío de 32 Gbps.
- Capacidad de reenvío de paquetes de 64 bytes: 38,7 Mpps.
- 128 MB de memoria DRAM.
- 32 MB de memoria Flash.
- Configurable hasta 12000 direcciones MAC.
- Configurable hasta 1000 grupos IGMP.

- Configurable MTU hasta 9000 bytes, con un máximo de trama Ethernet de 9018 bytes (Jumbo frames) para conmutación de paquetes en puertos Gigabit Ethernet, y hasta 1546 bytes para conmutación de tramas marcadas “Multiprotocol Label Switching” (MPLS) en ambos puertos 10/100.
- IEEE 802.3x full duplex sobre los puertos 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-T.
- Soporta protocolo Spanning Tree 802.1D (STP).
- Soporta el protocolo Rapid Spanning Tree IEEE 802.1w.
- Soporta el protocolo Multiple Spanning Tree IEEE 802.1s.
- Soporta IEEE 802.1Q VLANs.
- Optimización de ancho de banda mediante QoS avanzado : Soporte de IEEE 802.1p (CoS).
- Clasificación inteligente de niveles de servicios.
- Gestión SNMPv3.
- Configuración avanzada en protocolo de seguridad estándar (IEEE802.1x).
- Agregación de ancho de banda mediante la tecnología EtherChannel.
- Control de broadcast en todos los puertos.
- Imagen de software instalada: LAN Base.

Se ofertan también módulos conversores SFP para conexión de fibra multimodo (Referencia módulo: GLC-SX-MM). Tal y como hemos mencionado, las conexiones entre los switches de acceso y de distribución se configurarán utilizando EtherChannels. Para ello, en el caso de las pilas incluiremos un SFP en cada uno de los switches, y en el caso de los switches instalados de forma individual, incluiremos dos SFP por cada uno.

Conectores SFP GLC-SX-MM



Conectores SFP

- Referencia: GLC-SX-MM.
- Compatible con especificaciones IEEE 802.3z.
- Funciona en Fibra Optica Multimodo (MMF)
- Longitud de onda: 850 nm.
- Cobertura de enlace hasta 550 m.
- El tipo de conector es Dual LC.

La siguiente tabla incluye el desglose del equipamiento ofertado para la electrónica de acceso en el nuevo edificio:

Edificio Nuevo - Acceso		Uds.
WS-C3750G-48PS-S	Catalyst 3750 48 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	9
GLC-SX-MM	GE SFP, LC connector SX transceiver	12

El modelo de conmutador ofertado cumple todas las características técnicas requeridas en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*.

Propuesta de Arquitectura Física y Lógica Final

Tal y como ha sido descrito en los puntos anteriores, la solución propuesta por NESa para el nuevo edificio del Campus engloba tanto la electrónica de red para dar servicio a los distintos usuarios, como la infraestructura necesaria para soportarla.

A continuación se recogen las propuestas física y lógica diseñadas para cumplir con los requisitos expuestos por la *Universidad en el Pliego de Prescripciones Técnicas*.

Arquitectura Física

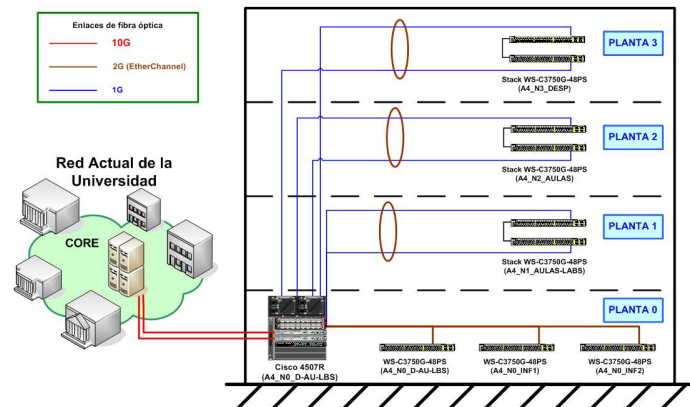
Físicamente la red del nuevo edificio consta de un armario (rack) de distribución, que se ubicará en la planta baja, y de distintos armarios de acceso distribuidos por las plantas.

El armario de distribución contendrá el Cisco Catalyst 4507R, y se encargará de recoger el tráfico de los switches de acceso conectados a él mediante enlaces de fibra óptica a 1G a sus dos tarjetas *WS-X4418-GB*, proporcionando así redundancia. Esta conexión se realizará empleando EtherChannels de la siguiente manera:

- En las pilas de switches de las plantas 1, 2 y 3 se establecerá un enlace de 1G desde cada uno de los switches de la pila, configurándolos como EtherChannels de 2G.

- Desde cada uno de los C3750G de la planta baja tendremos dos enlaces de 1G hacia la capa de distribución formando EtherChannel de 2G.

El equipo de distribución será el punto a través del cual el nuevo edificio se conecte al Core de la red ya existente en el Campus, a través de enlaces redundantes de fibra a velocidad de 10G. En la siguiente figura se muestra el diseño físico de la red (entre paréntesis se indican los armarios donde se ubicarán los equipos):

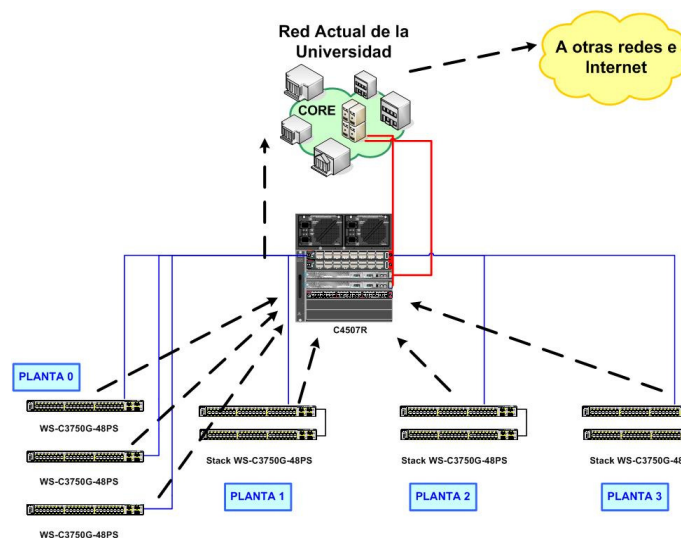


Arquitectura Física de Red del Nuevo Edificio

Los switches de acceso se instalarán en armarios ubicados en las distintas plantas para cubrir la demanda de servicio, siguiendo las peticiones de diseño recogidas en el *Pliego de Prescripciones Técnicas*.

Arquitectura Lógica

La red diseñada adopta una *Topología en Estrella*, con el Cisco Catalyst 4507R actuando como nodo de distribución, recogiendo el tráfico de todos los switches del nuevo edificio para encaminarlo al Core de la red y viceversa, tal y como se muestra en la figura:



Arquitectura Lógica de Red del Nuevo Edificio

Los switches de acceso situados en los distintos armarios de planta envían el tráfico en capa 2 al switch de distribución (*C4507R*). Este a su vez conmuta el tráfico en capa 3 hacia el Core de la red a través de sus enlaces de fibra a 10G. Utilizar conmutación en capa 3 hacia el Core en vez de en capa 2, nos permite aplicar distintos protocolos que nos proporcionarán toda una serie de ventajas. Algunas de ellas son:

- QoS: gestión de calidad de servicio.
- ACLs: Access Lists, que nos permiten gestionar el tráfico que discurre por nuestra red.
- Políticas de enrutamiento
- Reducción de los tiempos de convergencia.
- Prescindimos del uso del protocolo de spanning tree en los enlaces trunk.
- No se permiten broadcast.

Durante el desarrollo del proyecto se mantendrán reuniones con el personal del departamento de comunicaciones de la Universidad, para discutir el planteamiento de todo el esquema lógico de direccionamiento de la red, incluyendo la creación de las distintas VLANs que crean necesarias.

Tablas Resumen de Equipamiento y Suministros

Edificio Nuevo – Equipamiento de Electrónica de Red		Uds.
WS-C4507R-E	Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable	1
PWR-C45-4200ACV	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1
PWR-C45-4200ACV/2	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1
WS-X45-SUP6-E/2	Catalyst 45xxR E-Series Sup 6-E, 2x10GE(X2) w/ Twin Gig	2
X2-10GB-SR	10GBASE-SR X2 Module	2
WS-X4424-GB-RJ45	Catalyst 4500 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)	1
WS-X4418-GB	Catalyst 4500 GE Module, Server Switching 18-Ports (GBIC)	2
WS-G5484	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (Multimode)	12
WS-C3750G-48PS-S	Catalyst 3750 48 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	9
GLC-SX-MM	GE SFP, LC connector SX transceiver	12

Edificio Nuevo – Suministros de Infraestructura	
Equipo	Unidades ofertadas
Puesto de Trabajo formado por: - 2 Tomas RJ45 Cat. 6 - 4 Tomas eléctricas	204 tomas de usuario

GARANTÍA Y MANTENIMIENTO.

NESA cuenta con la garantía de 20 años del fabricante de todos los elementos que componen la solución de cableado estructurado.

NESA garantiza los equipos contemplados en la propuesta durante un período de tres años, a contar desde la fecha de recepción de los mismos. Para la partida de equipamiento, se garantiza un servicio 8x5xNBD con las siguientes características:

- **Tiempo de recepción de incidencias en horario de:** lunes a viernes de 8:00 a 18:00h.
- **Tiempo de respuesta:** 4 horas desde la recepción de la incidencia.
- **Tiempo de resolución:** NBD (Next Business Day).

Exclusiones del Servicio

Las contingencias cubiertas e incluidas en la propuesta cubren todas las que puedan producirse derivadas de un uso normal de los equipos para un tiempo de utilización de 24 horas al día.

Quedan expresamente excluidas aquellas que se produzcan por motivos de causa mayor y que es recomendable que estén cubiertas por algún tipo de seguro. Además, se excluyen de la presente propuesta todas las intervenciones motivadas por:

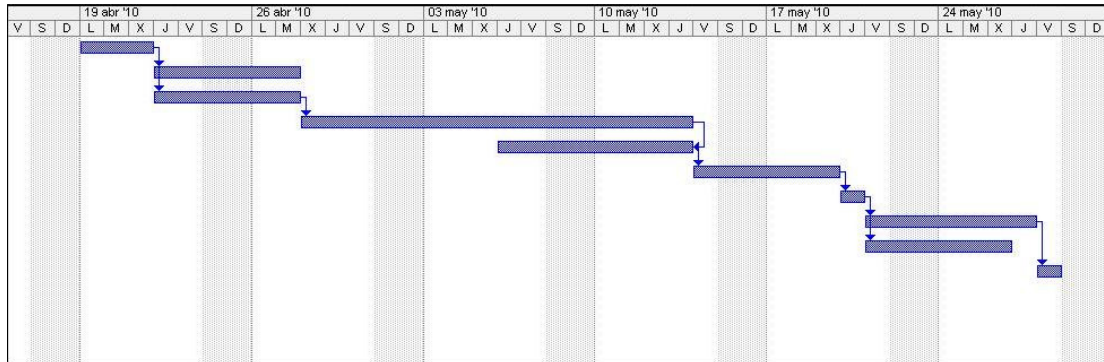
- Averías que se deriven de modificaciones hardware realizadas por personas ajenas al personal de NESA.
- Deterioro del sistema debido a desplazamiento del mismo por personal ajeno a NESA.
- Perjuicios causados por fenómenos naturales tales como incendios, inundaciones, rayos, etc.
- Averías motivadas por un uso de los equipos distinto al que han sido concebidos.
- Averías producidas por vandalismo.
- Averías producidas por virus informáticos.
- Deficiencias de instalaciones de suministro eléctrico.

PLAN DE PROYECTO

Planificación

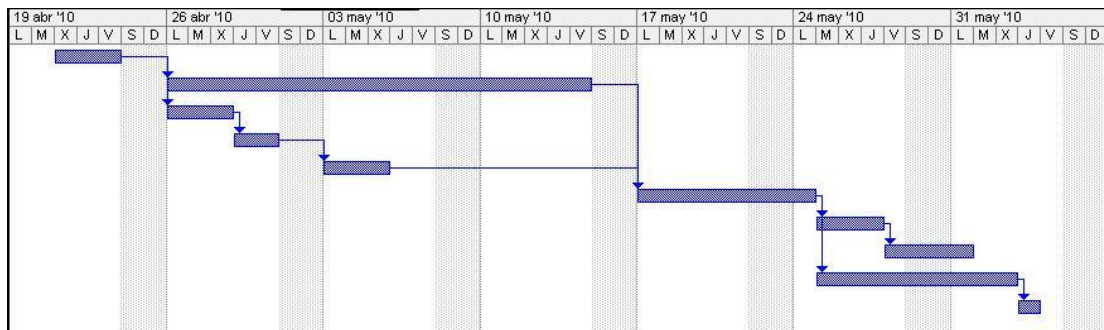
En los siguientes diagramas de Gantt se muestra la planificación propuesta por NESA para acometer las tareas del proyecto:

Plan de trabajo para la Consultoría de Comunicaciones



	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1	Recogida de datos	3 días	lun 19/04/10
2	Revisión de los Rack de Comunicaciones	4 días	jue 22/04/10
3	Inventario de equipos de electrónica	4 días	jue 22/04/10
4	Ubicación y localización de los puestos de trabajo	12 días	mié 28/04/10
5	Certificación de los puestos de trabajo	6 días	jue 06/05/10
6	Revisión visual de deficiencia de cableado y canalizaciones	4 días	vie 14/05/10
7	Topología de interconexión eléctrica	1 día	jue 20/05/10
8	Documentación de los datos recogidos	5 días	vie 21/05/10
9	Diseño de mejoras y nueva arquitectura	4 días	vie 21/05/10
10	Presentación del documento final de auditoría y propuesta de mejora	1 día	vie 28/05/10

Plan de trabajo para el Diseño e Instalación de Red del Nuevo Edificio



	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1	Recogida de datos	3 días	mié 21/04/10
2	Despliegue de cableado de red	15 días	lun 26/04/10
3	Instalación de armarios	3 días	lun 26/04/10
4	Montaje de equipos de electrónica	2 días	jue 29/04/10
5	Conexión de equipos	3 días	lun 03/05/10
6	Certificación de la instalación de cableado	6 días	lun 17/05/10
7	Configuración lógica del entorno	3 días	mar 25/05/10
8	Transferencia del conocimiento	2 días	vie 28/05/10
9	Pruebas de rendimiento	7 días	mar 25/05/10
10	Documentación del proceso	1 día	jue 03/06/10

Las fechas propuestas son orientativas, al igual que la duración de las tareas, ya que éstas podrían variar conforme avance el proyecto.

La consultaría de la parte de electrónica se realizara de forma simultánea a los trabajos de cableado.

Al comienzo del proyecto se consensuará con el personal responsable de la Universidad una calendarización y una distribución de tareas más exactos.

Equipo de Trabajo

NESA se compromete a realizar la actividad con personal cualificado para tal fin.

Las personas que intervendrán en la ejecución del proyecto, así como sus responsabilidades y funciones serán presentadas al personal de la Universidad.

NESA pone a disposición de la Consultoría de Electrónica a un equipo de trabajo compuesto por los siguientes perfiles:

- 1 x Consultor de Redes
- 1 x Técnicos de Redes

NESA pone a disposición de la Consultoría de Cableado a un equipo de trabajo compuesto por los siguientes perfiles:

- 1 x Capataz
- 2 x Técnicos de Cableado

Para la instalación de la infraestructura y red de comunicaciones en el nuevo edificio de la Universidad, NESA pone a su disposición un equipo de trabajo compuesto por los siguientes perfiles:

- 1 x Capataz
- 4 x Técnicos de Cableado
- 2 x Técnicos de Redes

Todo el personal anteriormente citado será dirigido en última instancia por un Jefe de Proyecto, proporcionado por NESA, y que será el encargado de supervisar el correcto desempeño de las tareas y funciones, el cumplimiento de los plazos, además de servir de nexo de unión entre el personal de NESA y los responsables de comunicaciones de la Universidad.

ESTIMACIÓN ECONÓMICA

En base a lo descrito en los apartados anteriores el importe de nuestra oferta asciende a 214.120,51 euros, IVA incluido.

Forma de pago: a la finalización, por transferencia.

Plazo de validez de nuestra oferta: 30 días.

NUESTRA EMPRESA, S.A.
Departamento Comercial.

ANEXO IV

**OFERTA ECONÓMICA DE LA AUDITORÍA Y EL
NUEVO EDIFICIO**

Oferta Económica

Consultoría para la Optimización de la Red, y Suministro e Instalación de la Electrónica de Red de Área Local del Nuevo Edificio de la Universidad X

Item	Descripción	Unidades	Importe
1	Consultoría de Comunicaciones		
1.1	Recogida de datos	1	1.800 €
1.2	Revisión de los Rack de Comunicaciones e Inventario de equipos de electrónica	1	2.700 €
1.3	Ubicación, localización y certificación de los puestos de trabajo	1	3.900 €
1.4	Revisión visual de deficiencia de cableado y canalizaciones	1	1.560 €
1.5	Topología de interconexión eléctrica	1	390 €
1.6	Documentación de los datos recogidos	1	3.000 €
1.7	Diseño y presentación de documento final de auditoría y propuesta de mejora	1	1.400 €
2	Diseño e Instalación de Red del Nuevo Edificio		
2.1	Recogida de datos	1	3.150 €
2.2	Despliegue de cableado de red	1	6.300 €
2.3	Instalación de armarios	1	1.890 €
2.4	Material de la instalación (Racks y Cableado)	1	1.836 €
2.5	Certificación de la instalación de cableado	1	3.150 €
2.6	Dirección, Gestión y Coordinación del Proyecto.	1	1.301 €
2.7	Instalación y Configuración de los 10 switches	1	400 €
2.8	Documentación y transferencia del conocimiento, y Pruebas de rendimiento	1	4.760 €
3	Equipamiento Ofertado		
	Distribución		
3.1	Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable	1	8.210 €
3.2	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1	1.753 €
3.3	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	1	1.753 €
3.4	Catalyst 45xxR E-Series Sup 6-E, 2x10GE(X2) w/ Twin Gig	2	23.403 €
3.5	10GBASE-SR X2 Module	2	2.335 €
3.6	Catalyst 4500 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)	1	2.045 €
3.7	Catalyst 4500 GE Module, Server Switching 18-Ports (GBIC)	2	11.699 €
3.8	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (Multimode only)	12	3.511 €
	Acceso		
3.9	Catalyst 3750 48 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	9	79.595 €
3.10	GE SFP, LC connector SX transceiver	12	3.121 €
3.11	Gestión de Reposición material averiado	1	7.029 €
3.12	Mantenimiento estándar "in-situ" 3 años	1	2.595 €
Total Oferta (sin I.V.A.)			184.586,65 €
Total Oferta (I.V.A. 16%)			214.120,51 €

ANEXO V

**OFERTA ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE
MEJORA**

Oferta Económica

Propuesta de mejora para la Optimización de la Red de Área Local de la Universidad X

Ítem	Descripción	Unidades	Importe
1	Mejora de la red de la Universidad		
1.1	Diseño de la propuesta de mejora	1	1.400 €
1.2	Recogida de datos de asignación de puertos	1	3.480 €
1.3	Instalación y Configuración de los 56 switches	1	6.469 €
1.4	Migración de los equipos y puesta en funcionamiento	1	3.150 €
1.5	Dirección, Gestión y Coordinación del Proyecto.	1	5.404 €
1.6	Documentación y transferencia del conocimiento, y Pruebas de rendimiento	1	4.830 €
2	Equipamiento Ofertado		
	Core		
2.1	Catalyst Chassis+Fan Tray+Sup720-10G; IP Base ONLY incl. VSS	2	47.013 €
2.2	Cat6500 6000W AC Power Supply	4	10.037 €
2.3	10GBASE-SR X2 Module	4	4.005 €
2.4	Cat6500 48-port 10/100/1000 GE Mod: fabric enabled, RJ-45	2	15.055 €
2.5	Catalyst 6500 48-port GigE Mod: fabric-enabled (Req. SFPs)	2	25.092 €
2.6	GE SFP, LC connector SX transceiver	96	24.088 €
2.7	Cat6500 4-port 10 Gigabit Ethernet Module (req. XENPAKs)	4	40.147 €
2.8	10GBASE LRM XENPAK Module	12	9.003 €
	Distribución		
2.9	Cat4500 E-Series 7-Slot Chassis, fan, no ps, Red Sup Capable	5	35.203 €
2.10	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	5	7.515 €
2.11	Catalyst 4500 4200W AC dual input Power Supply (Data + PoE)	5	7.515 €
2.12	Catalyst 45xxR E-Series Sup 6-E, 2x10GE(x2) w/ Twin Gig	10	100.343 €
2.13	10GBASE-SR X2 Module	10	10.012 €
2.14	Catalyst 4500 24-port 10/100/1000 Module (RJ45)	5	8.770 €
2.15	Catalyst 4500 GE Module, Server Switching 18-Ports (GBIC)	10	50.159 €
2.16	1000BASE-SX Short Wavelength GBIC (Multimode only)	60	15.055 €
	Acceso		
2.17	Catalyst 3750 48 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	49	371.603 €
2.18	GE SFP, LC connector SX transceiver	62	13.828 €
2.19	Gestión de Reposición material averiado	1	44.263 €
2.20	Mantenimiento estándar "in-situ" 3 años	1	13.241 €
Total Oferta (sin I.V.A.)			876.680,97 €
Total Oferta (I.V.A. 16%)			1.016.949,92 €

Referencias

- [Cvda] Cisco Validated Design I, *Campus Network for High Availability Design Guide*, January 25, 2008.
- [Cvdb] Cisco Validated Design I, *High Availability Campus Recovery Analysis Design Guide*, January 25, 2008.
- [Pi00] Piattini Velthuis, Mario G., *Auditing information Systems*, 2000
- [RM94] Richard A. Goodman & Michael W. Lawless, *Technology and Strategy: Conceptual Models and Diagnostics*, 1994
- [MEM08] Mario Piattini Velthuis, Emilio del Peso Navarro, Mar del Peso Ruiz, *Auditoría de Tecnologías y Sistemas de Información*, 2008
- [hoCa] Hoja de características de Supervisora Cisco Sup720 para Catalyst 6500.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps9336/product_data_sheet0900aecd806ed759_ps2797_Products_Data_Sheet.html
- [hoCb] Hoja de características de módulos Cisco 10GBASE X2.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/ps6574/product_data_sheet0900aecd801f92aa.html
- [hoCc] Hoja de características de tarjeta Cisco WS-X6748-GE-TX.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps708/product_data_sheet0900aecd8017376e_ps2797_Products_Data_Sheet.html
- [hoCd] Hoja de características de tarjeta Cisco WS-X6748-SFP.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps708/product_data_sheet0900aecd801459a7.html
- [hoCe] Hoja de características de módulos Cisco SFP modelo GLC-SX-MM.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/ps6579/product_data_sheet0900aecd80285547.html

- [hoCf] Hoja de características de tarjeta Cisco WS-X6704-10GE.
http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns340/ns517/ns224/ns668/net_business_benefit0900aecd805348f3.html
- [hoCg] Hoja de características de módulos Cisco XENPAK.
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps2797/ps5138/product_data_sheet09186a008007cd00_ps5251_Products_Data_Sheet.html
- [hoCh] Hoja de características de módulos Cisco GBIC.
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/ps6577/product_data_sheet09186a008014cb5e_ps872_Products_Data_Sheet.html
- [hoCi] Hoja de características de la serie N de Enterasys.
<http://www.enterasys.com/company/literature/n-ds.pdf>
- [hoCj] Hoja de características de los módulos DFE de Enterasys.
http://secure.enterasys.com/support/manuals/hardware/9033835-09_web.pdf
- [hoCk] Hoja de características de los transceivers de Enterasys.
<http://www.enterasys.com/company/literature/transceivers-ds.pdf>
- [hoCl] Hoja de características de los XENPAK de Enterasys.
http://secure.enterasys.com/support/manuals/hardware/3836_02.pdf
- [hoCm] Hoja de características de la serie 6800 de Alcatel.
http://www.dtxtel.co.uk/pdf/os6800_datasheet_20041020.pdf
- [hoCn] Características XFP de Alcatel.
<http://www.provantage.com/alcatel-xfp-10g-lr~7ALCA0EE.htm>
- [hoCo] Características GBIC de Alcatel.
<http://www2.shopping.com/xPO-Alcatel-MiniGBIC-SX-MINIGBIC-SX>
- [hoCp] Hoja de características de la serie 6850 de Alcatel.
http://www.aed.com.ve/folletos/td/core_edge/os6850.pdf
- [hoCq] Hoja de características de los módulos SFP de Alcatel.

http://www.alcadis.nl/files/Support_files/Alcatel-Lucent/OmniAccess/OAW-6000/Manuals/OAW-6000%20SFP%20Installation%20Guide%20Rev01.pdf

[hoCr] Hoja de características de la serie C2 de Enterasys.

<http://www.enterasys.com/company/literature/c2-ds.pdf>

[hoCs] Hoja de características de la serie 2600 de HP ProCurve.

http://h10144.www1.hp.com/products/switches/HP_ProCurve_Switch_2600_Series/overview.htm#J4899C

[hoCt] Características Mini-GBIC de HP.

http://www.almacen-informatico.com/HP_ProCurve-Gigabit-SX-LC-Mini-GBIC-J4858C_56667_p.htm

[hoCu] Hoja de características del Panda GateDefender Performa.

http://www.pandasecurity.com/NR/rdonlyres/36D4E52F-E846-43D3-B62D-793F55F73224/0/01PDF_GDP9000_diptico.pdf

[hoCv] Hoja de características del Cisco CSS11503.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/contnetw/ps5719/ps792/product_data_sheet0900aecd800f851e.html

[hoCw] Características Proxy BlueCoat.

<http://www.bluecoat.com/resources/proxysgfull>

[hoCx] Hoja de características de la serie ISG1000 de Juniper.

<http://www.juniper.net/es/es/products-services/security/isg-series/#literature>

[hoCy] Características Intel Express.

<ftp://download.intel.com/support/express/switches/500/500rvgde.pdf>

[hoCz] Hoja de características de las serie 3800 de Cisco.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5855/product_data_sheet0900aecd8016a8e8.html

[hoCaa] Hoja de características de la serie Catalyst 4500 de Cisco.

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps4324/product_data_sheet0900aecd801792b1.html

- [hoCbb] Hoja de características de la serie Catalyst 3560 de Cisco.
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/switches/ps5718/ps5023/product_data_sheet0900aecd80371991.html
- [hoCcc] Hoja de características de la serie Catalyst 6500 de Cisco.
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps2797/ps5138/product_data_sheet09186a00800ff916_ps708_Products_Data_Sheet.html
- [To07] Todd Lammle, *Cisco® Certified Network Associate Study Guide Sixth Edition*, 2007
- [Fuj09] Página web corporativa de Fujitsu (España).
<http://www.fujitsu.com/es/about/>
- [Flu10] Web del fabricante Fluke Networks.
<http://www.flukenetworks.com/fnet/es-es/products/>